

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM



Астрограф с часовым механизмом

Более двух лет автор статьи фотографирует небо, используя самодельный двухкамерный астрограф. Он оборудован часовым механизмом, который плавно ведет прибор вслед за суточным вращением неба. Две фотокамеры «Зенит-3М» и «Вилия» позволяют одновременно фотографировать различные участки неба. Размеры астрографа невелики: длина 350, ширина 210 и высота 190 мм. Его масса около 3 кг.

Экваториальная установка астрографа собрана из двух дюралюминиевых панелей размером 280×180 мм² и толщиной 1,8 мм. Нижняя панель — основание экваториальной установки — имеет три опорных регулирующих винта. Верхняя панель скреплена с нижней под углом, дополняющим широту места до 90° . Дюралюминиевые

стойки с отверстиями позволяют изменять угол наклона верхней панели. На ней укреплены полярная ось, часовая механизм и площадка с фотоаппаратами, которая вращается на подшипниках вокруг полярной оси.

Полярная ось астрографа — металлическая трубка длиной 170 мм, толщиной 2 мм и внутренним диаметром 17 мм. Полярная ось крепится снизу панели на фланце. В нижнем конце полой полярной оси установлена призма полного внутреннего отражения, которая служит объективом гида. Одной грани призмы придана сферическая поверхность, как у собирающей линзы. Фокусное расстояние призмы 190 мм.

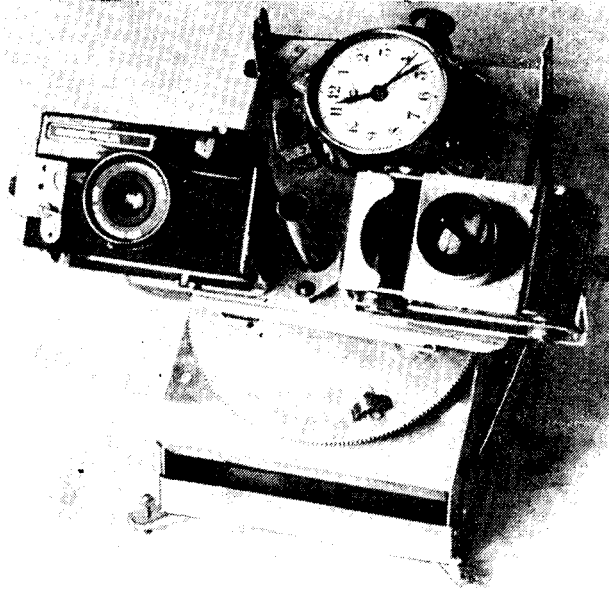
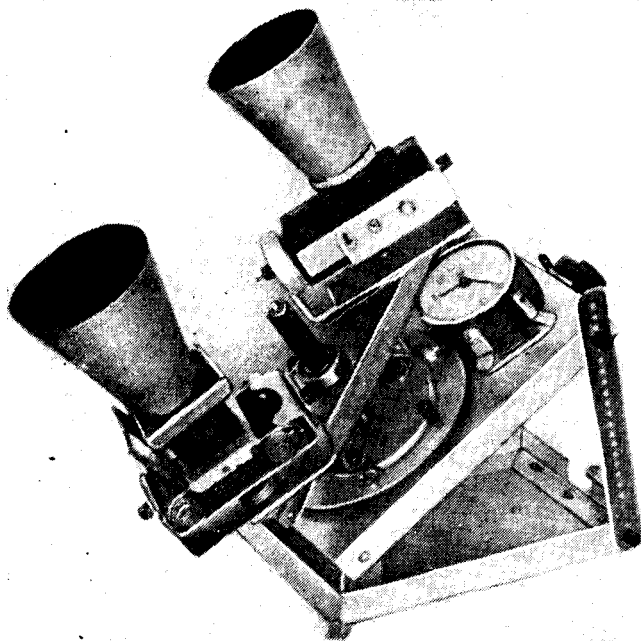
Как сделать грань обычной прямоугольной призмы сферической? Вначале грань обрабатывается наждачным бруском, причем брусок должен быть постоянно смочен водой. Шлифовка и полировка грани выполняют-

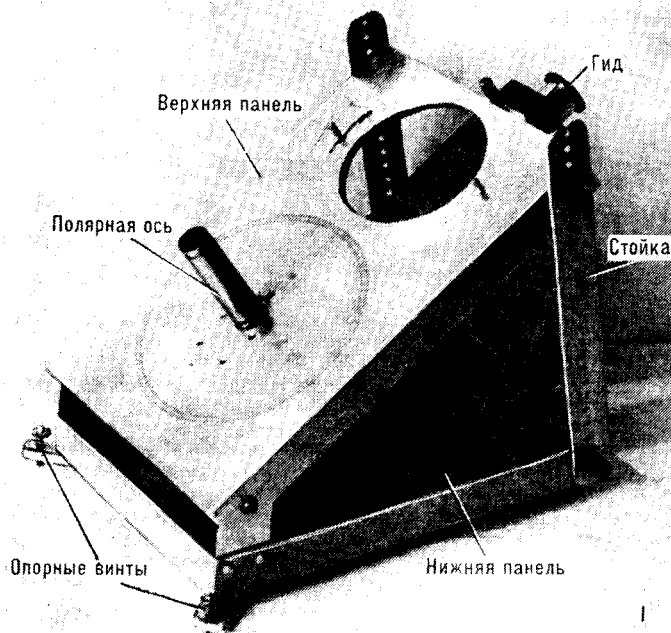
ся на самодельном станке тем же способом, что и зеркала любительских телескопов (Земля и Вселенная, 1965, № 5, с. 79—81. — Ред.).

Готовая призма (ее выпуклая поверхность обращена к окуляру) и окуляр гида (лупа, имеющая увеличение $10\text{--}15\times$) с крестом нитей плотно установлены в прямоугольном фанерном футляре. Гид укреплен с нижней стороны панели так, что оптическая ось призмы совпадает с полярной осью астрографа.

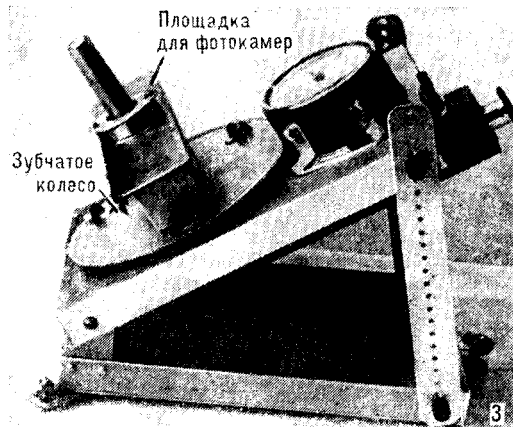
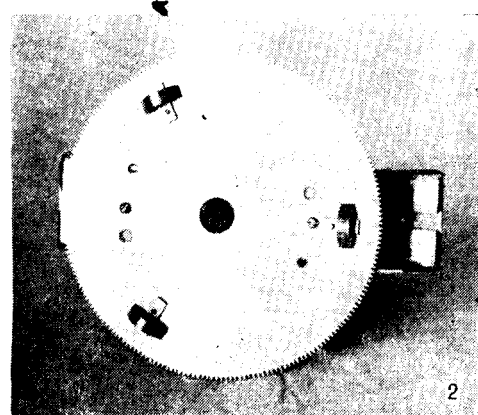
Одна из деталей часового механизма — **зубчатое колесо**, которое плотно сцеплено с заводным колесом будильника. Шаг зубчатого колеса должен совпадать с шагом заводного колеса будильника. Как рассчитать число зубьев зубчатого колеса? Шестеренка (тримб минутной стрелки), насаженная на минутную ось будильника, имеет девять зубьев и делает один оборот за час. Зубчатое колесо,

Общий вид астрографа





Основные узлы астрографа:
1 — экваториальная монтировка;
2 — зубчатое колесо
с вмонтированными
в прямоугольные вырезы
шариковыми подшипниками;
3 — часовой механизм
астрографа на экваториальной
монтировке



которое вращает фотоаппараты вокруг полярной оси, должно делать полный оборот за 24 часа. Значит, у него должно быть $9 \times 24 = 216$ зубьев.

Изготовление зубчатого колеса требует особой аккуратности. Возьмем бумажную ленту длиной 60 см и шириной 2 см и проведем на ней центральную линию. Вдоль этой линии прокатим с легким нажимом зубчатое колесо, имеющее такой же шаг, как заводное колесо будильника. Отсчитав 216 точек, оставленных на бумаге зубчатым колесом, склеим ленту в кольцо. Затем на листе бумаги начертим окружность, диаметр которой равен диаметру бумажного кольца. То же зубчатое колесо прокатим вдоль окружности. Если на ней получится ровно 216 точек, лист бумаги надо наклеить на дюралюминиевую пластину толщиной 1,8—2 мм. (Если же точек на окружности окажется больше или меньше 216, диаметр окружности надо уменьшить или увеличить.) В центре окружности просверлим отверстие и закрепим дюралюминиевую пластину на ровной доске. Небольшим острым керном сделаем насечки по точкам, оставленным зубчатым ко-

лесом. Сняв лист бумаги, миллиметровым сверлом просверлим все 216 отверстий, затем уберем лишний металл, оставив над отверстиями 1—1,5 мм. Пропилим металл тонкой ножовкой или надфилями над всеми отверстиями и потом аккуратно сделаем зубья. В ходе этой работы необходимо сверять форму зубьев и их шаг с заводным колесом будильника.

Готовое зубчатое колесо и заводное колесо будильника укрепим на доске так, чтобы они легко вращались и вошли в зацепление. Оба колеса следует проворачивать до тех пор, пока они не войдут в плотное зацепление и лишний металл перестанет крошиться. В зубчатом колесе надо сделать три прямоугольных выреза под углом 120° друг к другу для шариковых подшипников (диаметр 22 мм). Установленное на верхней панели экваториальной монтировки зубчатое колесо должно плавно вращаться на подшипниках вокруг полярной оси.

Часовой механизм астрографа приводится в действие будильником Ереванского часового завода. Этот будильник небольших размеров, он

имеет достаточно сильную пружину. Чтобы заводное колесо сцепить с зубчатым колесом, в корпусе будильника вырезано прямоугольное отверстие 65×5 мм.

Будильник лежит на верхней панели экваториальной монтировки и может поворачиваться на $40—45^\circ$ в горизонтальной плоскости. Часовой механизм астрографа включается (колеса зацепляются) простым поворотом будильника против часовой стрелки, выключается—поворотом будильника по часовой стрелке.

Точность ведения астрографа за сутки вращением неба во многом зависит от работы механизма будильника. Хорошо отрегулированные будильники за сутки уходят вперед или отстают не более чем на 1,5 минуты даже зимой при температуре -20°C .

Площадка с фотоаппаратами длиной 250 мм и шириной 55 мм закреплена на зубчатом колесе в двух стойках высотой 50 мм. Фотоаппараты установлены в вилках и могут вращаться вокруг оси склонений. Чтобы предохранить фотобъективы от запотевания и попадания в них постороннего света, сделаны противоросники. Это —

склеенные из плотной бумаги конусы с крышками. Внутри поверхность конусов покрыта черной тушью. Защитный конус для фотоаппарата «Зенит-ЗМ» имеет плоскую коробку для светофильтров.

Перед фотографированием астрограф нужно установить на столе в горизонтальной плоскости по уровню.

Этого добиваются с помощью регулировочных винтов. Затем наводим астрограф на Полярную звезду. После того, как звезда окажется на кресте нитей гида, направляем фотокамеры на интересующие нас созвездия и включаем часовой механизм. Выждав 10—15 секунд, чтобы зубчатые колеса зашли в плотное зацепление, сни-

маем крышки с противороетников и начинаем фотографирование. Автор обычно ведет съемку на пленку чувствительностью 130 ед. ГОСТа, выдержки составляют 8—15 минут. Использование объектива «Юпитер-3» позволяет значительно сократить время экспозиции.



Кандидат технических наук
Р. Х. БЕКЯШЕВ

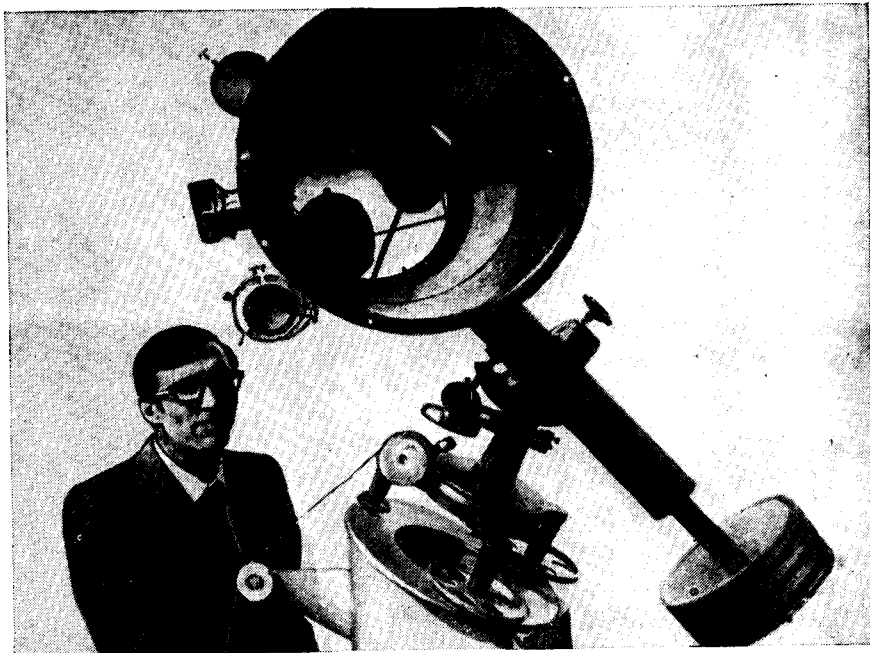
Монтировка самодельного рефрактора

Выпускаемые в нашей стране небольшие телескопы-рефракторы с объективами диаметром 60 и 80 мм (Земля и Вселенная, 1974, № 1, с. 74—77.—Ред.) и 65-миллиметровый рефлексор «Алькор» (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 73—74.—Ред.) хороши лишь для начинающих любителей астрономии, которые только знакомятся с небесными объектами. Человек, всерьез увлекающийся астрономией, рано или поздно поддается искушению самостоятельно построить более крупный телескоп. Такую попытку и предпринял автор статьи, когда в его распоряжении оказалось параболическое зеркало диаметром 270 мм с фокусным расстоянием 1270 мм. Автор построил рефлексор системы Ньютона, в оптической схеме телескопа использовалось диагональное зеркало диаметром 75 мм.

Главное 270-миллиметровое зеркало рефлексора укреплено в металлической оправе и разгружено на три точки. Винты с мелкой резьбой позволяют изменять наклон зеркала, благодаря чему достигается точная юстировка оптической схемы рефлексора. Оправа с главным зеркалом крепится к трубе телескопа фланцами.

Труба телескопа, сделанная из 1,5-миллиметровой листовой нержавеющей стали, имеет внутренний диаметр 310 мм, а длину (вместе с оправой главного зеркала) 1300 мм. Труба состоит из двух отдельных частей, соединенных фланцами. Внутренняя ее поверхность окрашена черной матовой краской. Вблизи окулярного конца трубы на трех стойках укреплено диагональное зеркало.

В рефлексоре использованы оку-

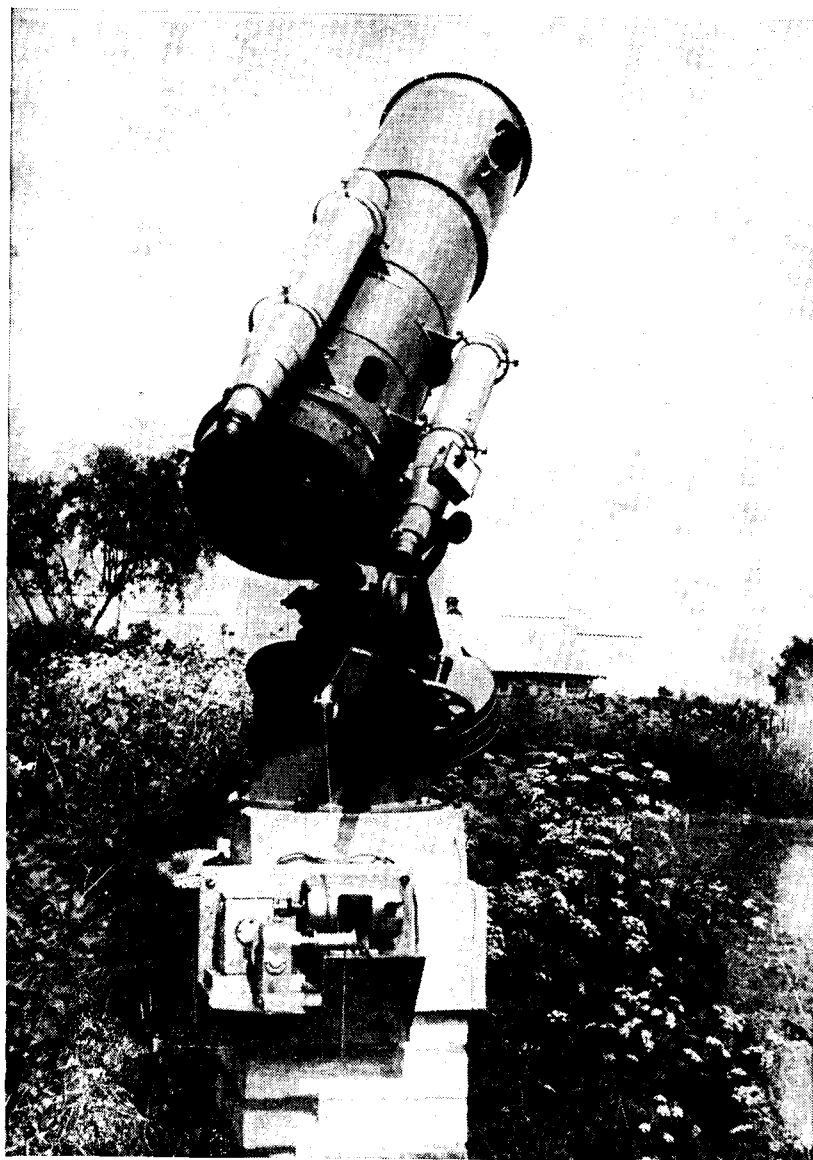


*Ризван Хусяинович Бекяшев
у самодельного телескопа*

ляры 80-миллиметрового школьного рефрактора, которые дают увеличение в 45, 60 и 125 раз.

Рефлексор имеет параллактическую монтировку немецкого типа. На кирпичной колонне под углом 90° — φ к горизонту (φ — широта места наблюдений) укреплено металлическое основание. На нем находится поворотное устройство от устаревшего лабораторного оборудования. Это устройство включает массивную станину, которая опирается на три ножки, и собственно поворотную часть с двумя стойками, несущими кре-

пежный столик (кольцо). Поворотная часть имеет ось (полярная ось телескопа), фиксируемую с помощью радиально-упорного подшипника. Поверхности скольжения станины и поворотной части подвергнуты шабрению, что значительно уменьшает трение между ними. Благодаря червячным передачам крепежный столик поворачивается в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. В кольцо крепежного столика вставлена на фланце одна труба, внутрь нее на подшипниках — другая. На противоположных концах внутренней трубы (ось склонений) крепятся труба телескопа и противовес. В целом параллактическая установка обладает тремя степенями свободы,



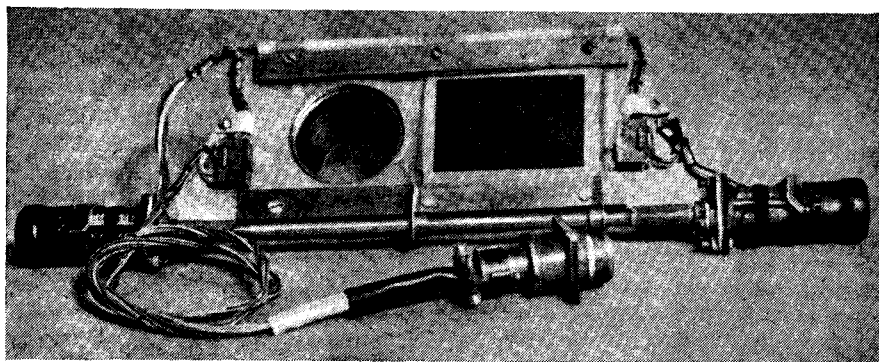
*Общий вид 270-миллиметрового
рефлектора системы Ньютона*

что облегчает наведение телескопа на выбранный участок неба и корректировку в ходе гидирования.

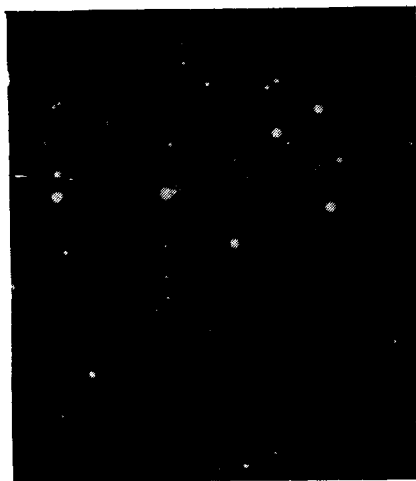
При фотографировании небесных светил поворот телескопа вокруг полярной оси осуществляется коллекторным электродвигателем переменного тока (тип УЛ-061), к валу которого присоединен многоступенчатый редуктор. Изменяя напряжение питания с помощью автотрансформатора и лабораторного проволочного реостата (30 Ом, 5 А), можно подобрать и плавно отрегулировать скорость вращения электродвигателя. Чтобы исключить вибрацию телескопа, двигатель и редуктор укреплены на кирпичной колонне. Вращение от вала редуктора к червячной передаче поворотного устройства передается через шпегатную тягу, которая связывает шкивы, насаженные на червячный винт поворотного устройства и выходной вал редуктора.

На трубе 270-миллиметрового рефлектора укреплены два вспомогательных телескопа-рефрактора с объективами диаметром 80 и 60 мм. 80-миллиметровый рефрактор служит гидом при фотографировании точечных объектов — отдельных звезд или звездных скоплений. В фокальной плоскости окуляра 80-миллиметрового рефрактора установлена в оправе стеклянная пластинка с перекрестием нитей — двумя перекрещивающимися проволочками диаметром 0,02 мм. Перекрестие освещается светодиодом (тип АЛЗ10А), причем его яркость можно плавно регулировать.

Когда фотографируются протяженные слабые объекты, например туманности или кометы, телескоп обычно гидируют по ближайшей к объекту яркой звезде. В этом случае появляется необходимость во втором вспомогательном рефракторе. Оптическая ось 60-миллиметрового рефрактора, как и ось гида, параллельна оптической оси рефлектора, а потому рефрактор служит для наведения всей системы на фотографируемый



*Электромеханический
затвор для фотокамеры*



Звездное скопление Плеяды. Снимок получен на самодельном 270-миллиметровом рефлекторе (аппарат «Смена», пленка чувствительностью 250 ед. ГОСТа, выдержка 10 мин)

объект и для контроля изображения на фотопленке. 80-миллиметровый

рефрактор направляется на ближайшую к объекту яркую звезду, по которой ведется гидирование.

В главном фокусе 270-миллиметрового рефлектора можно установить либо аппарат «Смена» без объектива, либо самодельную деревянную фотокамеру, если съемка производится на фотопластинку. Эта камера аналогична по конструкции окулярной камере, описанной в книге В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе» (М.: Наука, 1979, с. 98). Снабженная окуляром с фокусным расстоянием 20 мм, камера строит увеличенное изображение объекта на фотопластинке размером 9×12 см.

Для фотокамеры автор сконструировал электромеханический за-

Лунный рельеф вблизи Моря Облаков (слева) и Море Дождей с окаймляющими его горными хребтами (справа). Фотографии сделаны на самодельном 270-миллиметровом рефлекторе (самодельная фотокамера, пластинки чувствительностью 130 ед. ГОСТа, выдержка 1/30 с)

твор, позволяющий плавно, без каких-либо вибраций перекрывать входное отверстие светонепроницаемой шторкой. Шторка прикреплена двумя держателями к гайкам, которые перемещаются вдоль вала с мелкой резьбой (шаг 0,5 мм). На его противоположных концах находятся реверсивные микродвигатели (тип ДП-1П-26ЦР-1К), вращающие вал. Затвор располагается на внутренней стенке трубы телескопа непосредственно перед фотокамерой. Для получения снимков с короткими выдержками камера оборудована затвором от фотоаппарата «Смена».

Юстировка оптической системы проводилась по методике М. С. Навашина, изложенной в его книге «Телескоп астронома-любителя» (М.: Наука, 1969). Для этого были изготовлены центрировочная трубка с перекрестием нитей и кольцевая насадка с картонным кружком на растяжках, которая надевается на главное зеркало, чтобы обозначить его центральную зону, куда должна падать тень от диагонального зеркала.

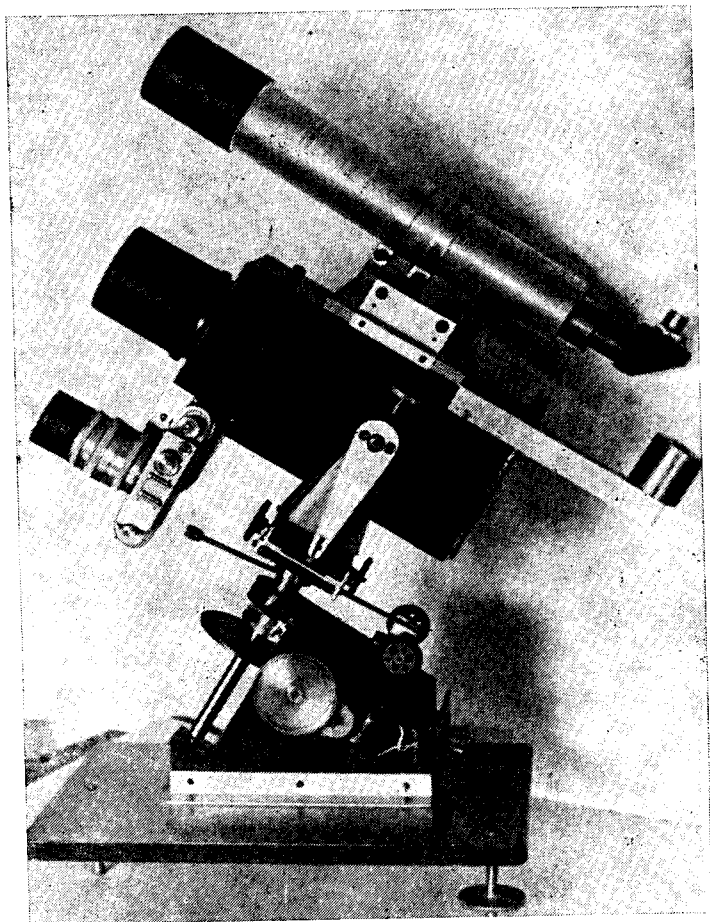




Астрограф с автоматическим гидированием

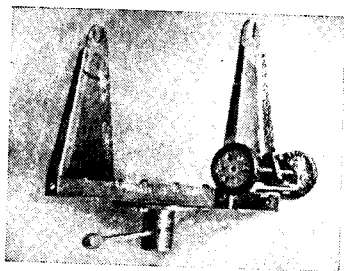
Астрофотография привлекает все большее число любителей астрономии. Обычно они фотографируют небо малоформатными камерами типа «Зенит» или «Зоркий». Конечно, такие фотокамеры хорошо приспособлены для съемки участков звездного неба, метеоров, сербристых облаков, поиска комет. Но, чтобы получить материал, имеющий большую научную ценность, целесообразнее использовать фотокамеры с длиннофокусными объективами — «Индустар-51» (фокусное расстояние 210 мм; светосила 1 : 4,5) или «Индустар-37» (300 мм; 1 : 4,5). Масштаб снимков, сделанных с этими объективами, в 4—6 раз крупнее, чем снимков, полученных на малоформатной камере. К тому же при одинаковой выдержке длиннофокусные объективы позволяют сфотографировать звезды на одну-две величины более слабые, чем короткофокусные. Однако использование длиннофокусных фотокамер ставит перед любителями астрономии сложную задачу: необходим точный часовой механизм для гидирования.

Автор статьи сконструировал длиннофокусный астрограф, который можно гидировать автоматически и вручную. Астрограф установлен на металлической плите массой 20 кг и размером 440×290×20 мм. Плита имеет три регулировочных винта. На ней с помощью двух

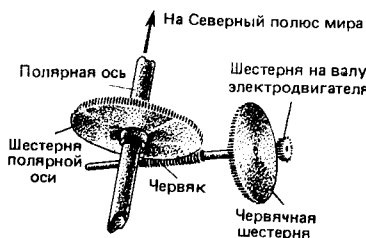


дюралюминиевых уголков крепится вертикально деревянная станина, изготовленная из доски толщиной 50 мм. На ее верхней поверхности — два среза: один под углом, равным широте места наблюдения, а второй под углом 90° к первому срезу. Над первым сре-

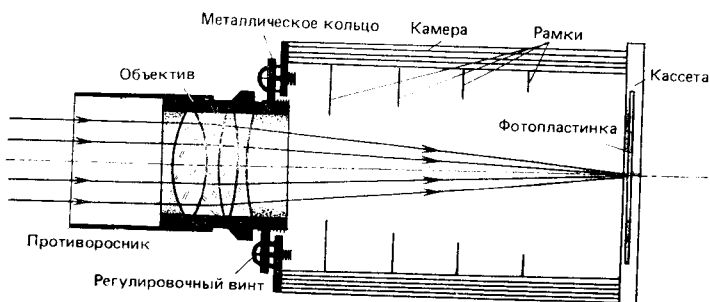
Астрограф, построенный автором статьи, состоит из самодельной длиннофокусной камеры с объективом «Индустар-37», малоформатной камеры с объективом «Юпитер-9» и гида — самодельного рефрактора с объективом диаметром 75 мм



Вилка астрографа, несущая полярную ось инструмента

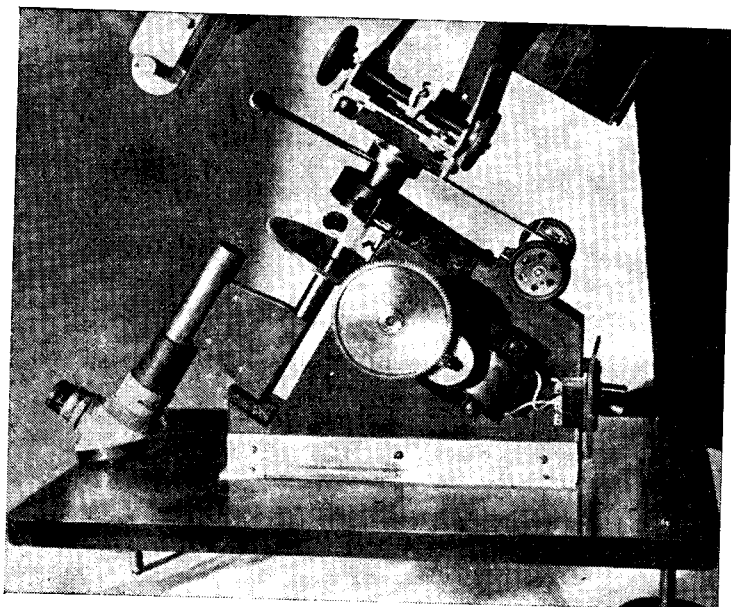


Кинематическая схема часового привода астрографа



Устройство и ход лучей в самодельной фотокамере

Внешний вид часового механизма и приспособление для наведения часовой оси на полюс мира



готовить из стали, меди или дюралюминия. Три винта соединяют муфту с основанием вилки. Оно сделано из 20-миллиметровой фанеры; по бокам основания прикреплены два дюралюминиевых уголка для прочности. Стойки вилки выполнены из мягкого железа толщиной 1,5 мм и имеют боковые отгибы для крепления. С основанием вилки стойки прочно скреплены винтами. В вилке установлена фотокамера с объективом «Индустар-37».

Фотокамера — это прочный светонепроницаемый ящик. Ее боковые стенки сделаны из 15-миллиметровой, а нижняя и верхняя стенки — из 10-миллиметровой фанеры. При изготовлении фотокамеры нужно добиться строгой параллельности передней стенки и кассеты. В передней стенке на регулируемых винтах укреплено кольцо с резьбой, в которое ввинчивается объектив. К торцам боковых стенок, в задней части фотокамеры шурупами присоединены дюралюминиевые полоски так, чтобы кассета с легким трением входила в камеру.

Внутри фотокамеры, покрытой черной матовой краской или тушью, установлены 3—4 рамки, чтобы не было засвечивания фотопластинки при отражении света от стенок. Рамки не должны закрывать свет, идущий от объектива. Снаружи, к боковым стенкам фотокамеры, крепятся металлические диски с осями, причем одна ось является как бы продолжением другой. Эти оси, точнее полуоси, выполняют функцию оси склонения и поэтому должны быть установлены очень точно. Они обязаны свободно, но без люфта входить в боковые вырезы вилки. Прежде чем начинать на фотокамере съемку звездного

неба, ее объектив следует тщательно установить на бесконечность.

Автоматическое гидирование астрографа осуществляет синхронный электродвигатель ДСД2-П1 мощностью 15 Вт, дающий 2 об/мин. Чтобы полярная ось делала один оборот в звездные сутки (23^h56^m), был использован редуктор, уменьшающий скорость вращения в 2872 раза. Для этого на вал редуктора электродвигателя надета 10-зубцовая шестерня от будильника, связанная с другой шестерней, имеющей 100 зубьев. Последняя помещена на червяк с шагом в 1 мм, который приводит во вращение шестерню, надетую на полярную ось и делающую один оборот в сутки. Разумеется, можно использовать редуктор и другой конструкции, лишь бы он сообщал полярной оси один оборот в сутки. В астрографе предусмотрено и ручное гидирование двумя микрометрическими винтами по часовому углу и склонению.

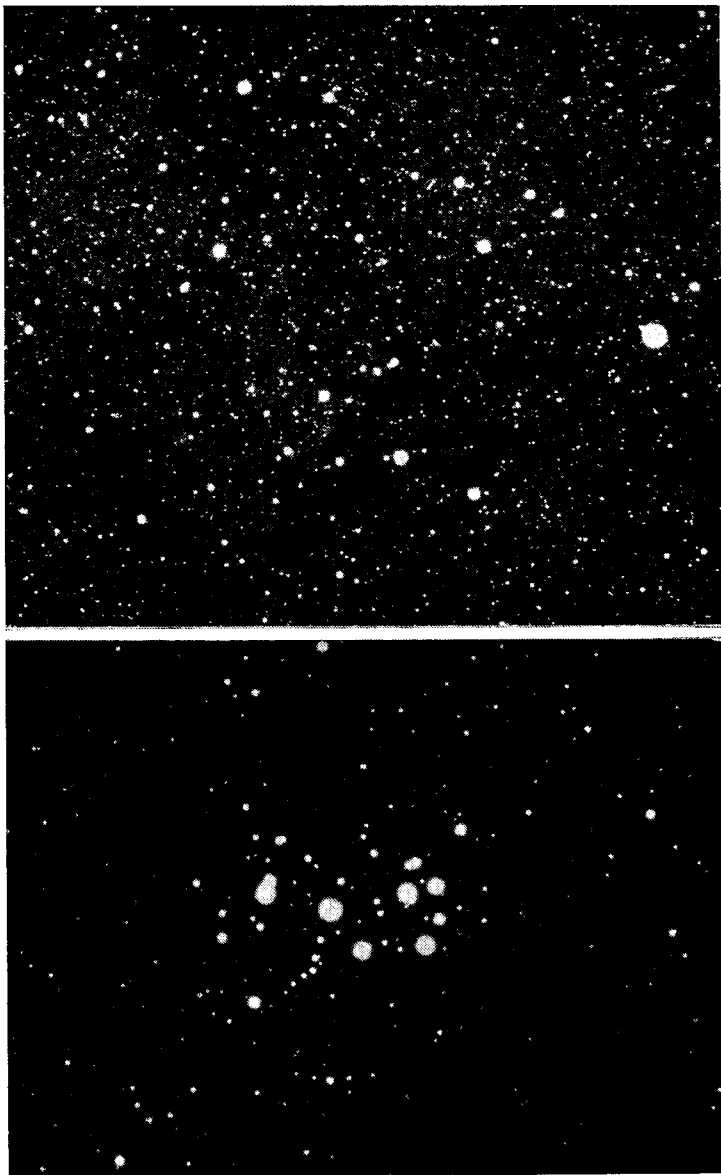
Гид астрографа — самодельный рефрактор с ахроматическим объективом от зрительной трубы: фокусное расстояние 470 мм, диаметр объектива 75 мм, увеличение 100 $\times$. Чем больше увеличение гида, тем точнее гидирование. На окулярном конце рефрактора помещена призма от бинокля, чтобы удобнее было вести наблюдение и гидирование. Непосредственно перед окуляром гида установлено картонное кольцо с крестом нитей. Прежде чем начинать гидирование, окуляр смещается с фокуса, и изображение звезды приобретает вид небольшого диска. Во время гидирования наблюдатель старается точно держать перекрестие нитей в центре этого диска.

Часовой механизм астрогра-

фа обычно 10—15 минут ведет фотокамеру почти безошибочно. И все же во время автоматического гидирования наблюдатель обязан постоянно следить за положением диска звезды на кресте нитей и в любой момент должен быть готов внести поправку в работу часового механизма. Если напряжение в сети силь-

Снимки звездного неба, полученные на самодельном астрографе.

Вверху — Млечный Путь в созвездии Лебедя (пластинки ZP3 ORWO чувствительностью 350 ед. ГОСТа, выдержка 20 минут); внизу — скопление Плеяды в созвездии Тельца (пластинка ZP3 ORWO чувствительностью 350 ед. ГОСТа, выдержка 24 минуты)



но меняется, рекомендуем использовать стабилизатор напряжения или регулировать работу часового механизма с помощью реостата либо микрометричного винта. Такие поправки приходится делать довольно часто. Лучше всего фотографировать небо от полуночи до 4—5 часов утра, когда напряжение в сети почти не изменяется.

Съемка выполняется на изоотропических фотопластинках чувствительностью 130—180 ед. ГОСТа или плоской фотопленке чувствительностью 250 ед. ГОСТа. Часто при фотосъемке звездного неба наряду с фотокамерой «Индустар-37» используется и малоформатная камера с объективом «Юпитер-9» (фокусное расстояние

85 мм; светосила 1 : 2), которая устанавливается параллельно основной камере. Чтобы часовой механизм вел равномерно всю установку при любом положении камер, астрограф необходимо хорошо отбалансировать. Для этого служит стержень с противовесом. Если астрограф используется как переносной, то потребуется несложное приспособление для установки полярной оси на Северный полюс мира. Для этого параллельно полярной оси монтируется небольшая зрительная трубка с крестом нитей и увеличением в 10^x. Перекрестие нитей должно быть наведено на ту точку неба, где находится Северный полюс мира.

Фотоматериал, полученный таким астрографом, может быть

с успехом использован для создания фотографического атласа звездного неба со звездами до 12—13^m, а также для изучения переменных звезд. Поскольку во время съемки могут быть зафиксированы новая звезда или комета, то после фотографической обработки пластинка должна быть тщательно просмотрена. В заключение будет не лишним напомнить, что только точная фокусировка камеры, тщательное гидрирование при использовании высокочувствительных материалов позволят получить хорошие фотографии звездного неба.

Вместо сферы — многогранник

Павильон для телескопа обычно имеет полусферический вращающийся купол. Построить такой купол непросто. Любителю астрономии гораздо легче сделать многогранный купол. Автор статьи предлагает модель купола в виде ромбокубооктаэдра, состоящего из 18 квадратных и 8 правильных треугольных граней. Отклонение точек поверхности этого многогранника от сферы не превышает 8% ее радиуса. Чтобы заменить полусферу, достаточно 13 квадратов и четырех треугольников.

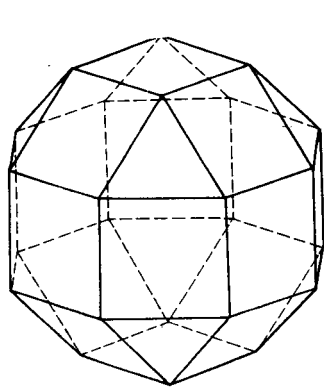
Внутренний диаметр купола (диаметр вписанной в многогранник сферы) в 2,4 раза больше длины ребра многогранни-

ка, поэтому при длине ребра 1,5 м диаметр купола составит 3,6 м. В трех смежных квадратных гранях купола делают прорез, через которую можно вести наблюдения светил на различных высотах над горизонтом вплоть до зенита.

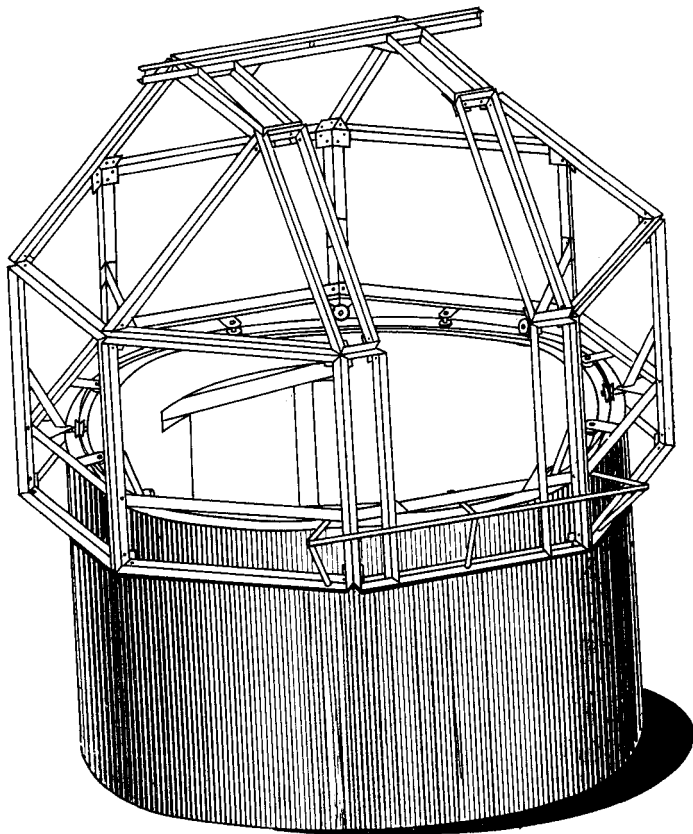
Каркас купола — металлический. Его квадратные и треугольные секции сварены из углового железа. Снаружи каркас можно обшить деревянными рейками, покрыть кровельным железом и покрасить алюминиевой краской. Смотровой люк купола закрывается двумя створками, раздвигающимися в стороны. Каждая створка имеет две пары колес, которые могут двигаться по ме-

таллическим рельсам. Один рельс установлен у основания купола, другой — за его вершиной, параллельно первому. Специальные ограничители не позволяют створкам сходить с рельсов. Створки небольших куполов можно открывать и закрывать с помощью шеста, на конце которого есть крючок. Нужно лишь в средней части створок прикрепить металлические ушки.

Нижняя цилиндрическая часть павильона выкладывается из кирпича или шлакоблоков. Телескоп, установленный в павильоне, не должен иметь общий фундамент со стенами, чтобы неизбежные при вращении купола вибрации не пере-

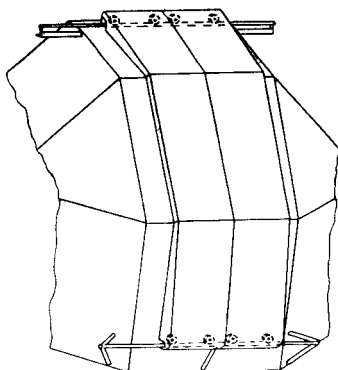
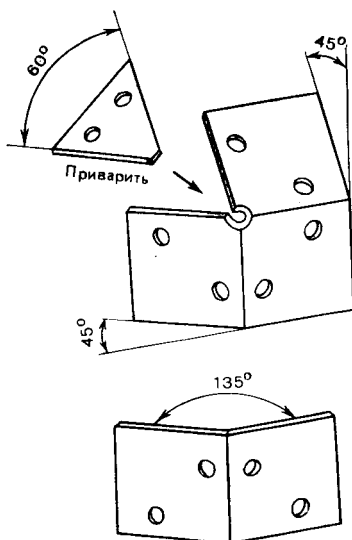


Ромбокубооктаэдр

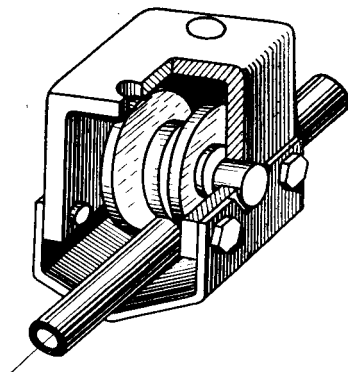


**Многогранный купол
с восьмиугольным основанием**

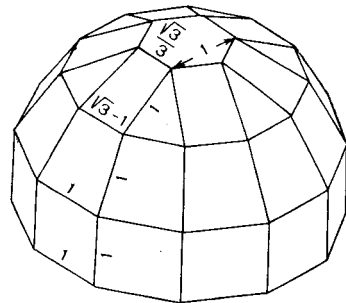
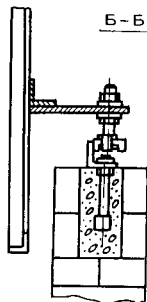
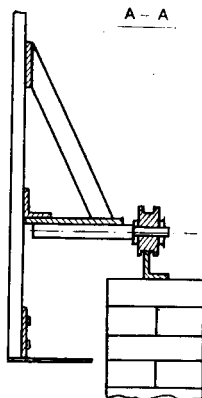
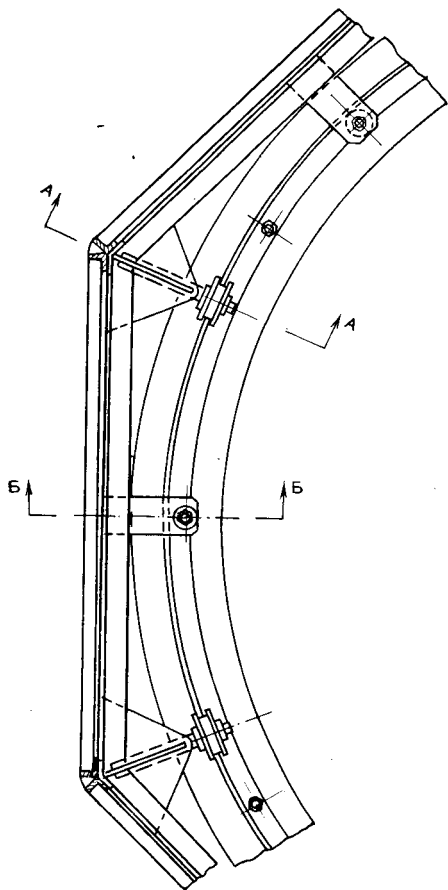
**Чертеж металлических накладок
для крепления каркаса
многогранного купола**



Устройство смотрового люка



**Ограничитель раздвижной
створки купола**



Многогранный купол с двенадцатиугольным основанием. Указаны относительные размеры граней при условии, что сторона квадрата принята за 1

давались телескопу. Дверь в павильон делается с северной стороны.

Купол перемещается по кольцевому рельсу, который укреплен на верхней, строго горизонтальной поверхности стены. Кольцевой рельс можно изготовить из полосы уголкового или таврового железа. Согнуть полосу уголкового железа в кольцо нетрудно, если вдоль всей полосы на ее одной стороне сделать разрезы через 10—20 см. Правильность полученного кольца выверяют стержнем, длина которого равна диаметру кольца. Вдоль основания кольца нужно вы-

Способ крепления обойм с колесами, на которых вращается купол

сверлить 10—15 отверстий и закрепить в них болты длиной 15—20 см. Кольцо укладывают на стену павильона так, чтобы болты попали в заранее оставленные промежутки в кирпичной кладке. Затем болты заливаются бетоном. При этом рельс должен опираться на середину стены, а не на края.

С внутренней стороны купола по его периметру крепится металлический замкнутый вось-

миугольник. В каждом из его углов установлен кронштейн, к которому прикреплены обойма с колесами и упорный ролик, предотвращающий заклинивание купола при вращении. К восьмиугольнику крепятся скобы или ручки для вращения купола. Щель между куполом и стенами павильона прикрывается нижними частями квадратных граней купола.

Можно построить и многогранный купол, имеющий в горизонтальном и вертикальном сечениях не восьмиугольники, а двенадцатиугольники. Такой купол собирается из 37 граней в виде квадратов, трапеций, треугольников и шестиугольника. Сборка купола не вызовет особых затруднений, если все элементы его каркаса будут аккуратно изготовлены. Внутренний диаметр этого купола в 3,7 раза больше длины ребра квадратной грани.

Д. К. ВЕДЕРНИКОВ,
наладчик холодно-
штамповочного оборудования
(г. Златоуст)



Как повысить увеличение зрительных труб и биноклей

Большинство зрительных труб и биноклей дают увеличения значительно меньше максимального полезного увеличения (его иногда называют разрешающим увеличением). Темной ночью человек с нормальным зрением может видеть отдельные объекты (например, двойные звезды 3—4^m), отстоящие друг от друга не менее чем на 3—5' (в среднем 4', или 240''). «Зоркость» глаза в дневное время, когда наблюдаются хорошо освещенные и высококонтрастные предметы, выше примерно в 3—4 раза. У хорошо отъюстированного инструмента с высококачественной оптикой, предназначенного для наблюдений астрономических объектов, практическая разрешающая способность

Повысить увеличение зрительной трубы можно, если на ее главной оптической оси поместить дополнительный окуляр. Зрительная труба строит увеличенное изображение наблюдаемого объекта, которое рассматривается в дополнительный окуляр

$\gamma_{\text{п.р.к.}}$ близка к ее теоретическому значению $\gamma_{\text{теор.}} = \frac{140''}{D}$, где $\gamma_{\text{теор.}}$ — разрешающая способность в секундах дуги, D — диаметр объектива в миллиметрах. Чтобы согласовать «остроту зрения» глаза $\gamma_{\text{гл.}}$ и оптического инструмента $\gamma_{\text{п.р.к.}}$, последний должен иметь увеличение: $\Gamma = \frac{\gamma_{\text{гл.}}}{\gamma_{\text{п.р.к.}}}$ раз.

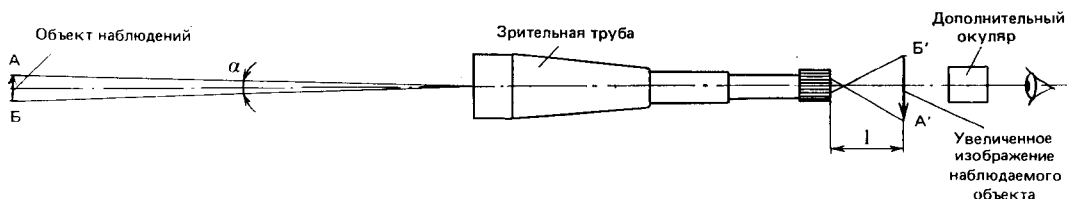
Это и есть максимальное полезное увеличение. Большее увеличение инструмента не позволит выявить новые мелкие детали наблюдаемого объекта.

У любителей астрономии пользуется популярностью зрительная труба «Турист-3» (диаметр объектива 50 мм, увеличение 20 раз, практическая разрешающая способность около 3,5''). Ее максимальное полезное увеличение составляет $240''/3,5'' \approx 70\times$. Можно ли повысить увеличение зрительной трубы? Таким вопросом нередко задаются многие любители астрономии, имеющие зрительные трубы и полевые бинокли. Ведь для успешных наблюде-

ний Луны, Солнца, больших планет, близких двойных звезд необходимы увеличения хотя бы в 40—70 раз.

Прежде чем ответить на поставленный вопрос, напомним, что увеличение зрительной трубы или бинокля численно равно отношению фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра. Следовательно, чтобы повысить увеличение инструмента, надо либо поменять окуляр на более сильный (короткофокусный), либо использовать объектив с большим фокусным расстоянием. Однако достать необходимую оптику непросто. Поэтому рекомендуем любителям астрономии другой способ повышения увеличения зрительных труб (и биноклей), не требующий разборки инструмента.

Поместим за окуляром трубы на ее главной оптической оси дополнительный окуляр, в который будем рассматривать увеличенное изображение наблюдаемого объекта, построенное зрительной трубой. Оптическая система зритель-



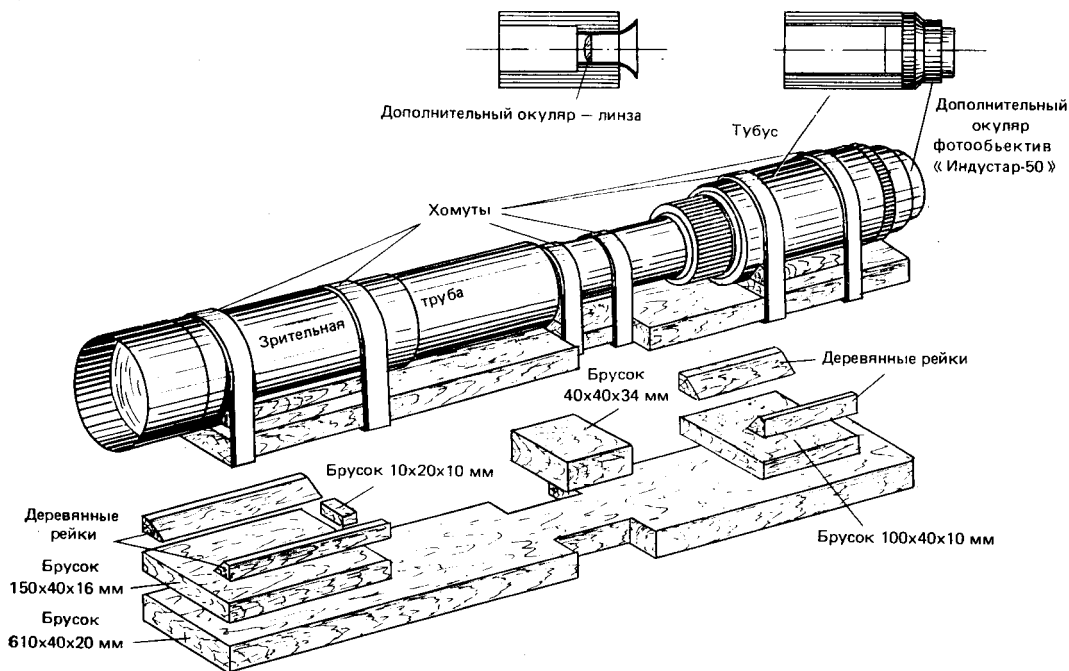


Схема крепления зрительной трубы с дополнительным окуляром на деревянной подставке

ной трубы играет роль эквивалентного объектива с фокусным расстоянием, во много раз превышающим размеры самого инструмента. Перемещая окуляр трубы вдоль оптической оси, мы можем менять линейный размер увеличенного изображения. Линейный размер нетрудно определить, воспользовавшись экраном из

миллиметровой бумаги. Соответствующее эквивалентное фокусное расстояние вычислим по формуле:

$$f_{\text{экв.}} = \frac{A'B' \times 57,3^\circ}{\alpha} \text{ мм,}$$

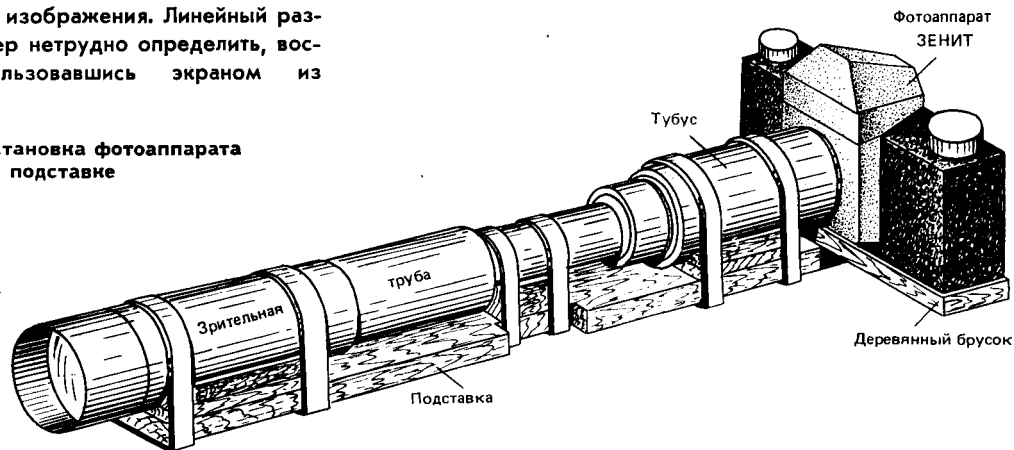
где $A'B'$ — линейный размер изображения в миллиметрах, α — угловой размер наблюдаемого объекта в градусах. Если изменяется размер изображения $A'B'$, то меняется и его

расстояние от окуляра трубы. Для зрительной трубы «Турист-3» оно рассчитывается по формуле:

$$l = 0,05f_{\text{экв.}} + 3,$$

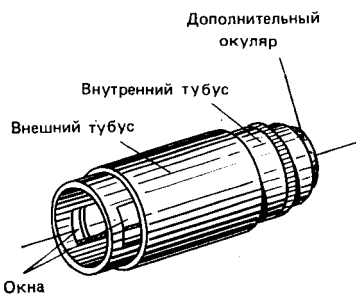
где l и $f_{\text{экв.}}$ выражены в миллиметрах. (Для призмных биноклей расстояние l следует определять экспериментально, измеряя для каждого значения $A'B'$ соответствующую величину $f_{\text{экв.}}$.) Например, при наблю-

Установка фотоаппарата на подставке

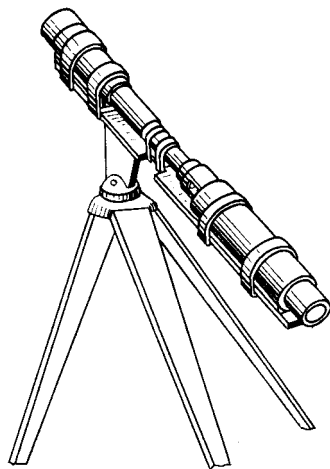


дении Солнца или Луны (их угловой размер около $0,5^\circ$) размеры увеличенного изображения составят: 15 мм на расстоянии 89 мм от окуляра трубы, 20 мм на расстоянии 118 мм от окуляра трубы, 30 мм на расстоянии 176 мм от окуляра трубы. Эквивалентное фокусное расстояние будет равно соответственно 1720, 2290, 3440 мм. Наименьшее эквивалентное фокусное расстояние зависит от минимального расстояния $l_{\text{мин}}$, на котором еще можно получить резкое изображение наблюдаемого объекта. У трубы «Турист-3» $l_{\text{мин}}$ около 70 мм. Следовательно, наименьшее эквивалентное фокусное расстояние составит примерно 1350 мм.

Дополнительным окуляром может служить линза (например, часовая лупа), с фокусным расстоянием 30–60 мм и увеличением 8–4 $\times$. Лучше, однако, в качестве дополнительного окуляра использовать объектив фотоаппарата или длиннофокусный фабричный окуляр, так как у них в несколько раз больше, чем у линзы, поле зрения с качественным изображением. Пожалуй, любителю астрономии легче всего приобрести короткофокусный объектив «Индустар-50» с фокусным расстоянием 50 мм. Допустим, что, объединив его в оптическую схему со зрительной трубой «Турист-3», мы хотим получить максимальное полезное увеличение, равное 70 $\times$. Перемножив 50 мм на 70 $\times$, определим эквивалентное фокусное расстояние — 3500 мм. Тогда увеличенное изображение наблюдаемого объекта, а значит, и фокальная плоскость эквивалентного объектива будут находиться в 178 мм от окуляра. Меняя эквивалентное фокусное расстояние, можно получать



Крепление дополнительного окуляра, обеспечивающее плавное изменение увеличения инструмента



Общий вид зрительной трубы с дополнительным окуляром на штативе

различные увеличения. Если дополнительным окуляром служит объектив «Индустар-50», то минимальное увеличение инструмента составит примерно 27 $\times$. Гнаться за очень большими увеличениями не стоит, так как из-за aberrаций и несовершенства оптических элементов всего инструмента (ведь в оптическую схему входит и «Индустар-50») качество изображения заметно ухудшится. Не следует забывать и о том, что, повышая увеличение оптического инструмента, мы одновременно уменьшаем яркость

изображения и размер поля зрения, поэтому для быстрого поиска небесных объектов потребуется искатель — оптическая труба с широким полем зрения. Искателем могут быть, например, монокуляр МП 8 $\times$ 30 (увеличение 8 $\times$, диаметр объектива 30 мм, поле зрения $8,5^\circ$) или зрительная труба «Турист-4» (увеличение 10 $\times$, диаметр объектива 30 мм, поле зрения 4°).

Рассмотрим теперь, как объединить зрительную трубу и дополнительный окуляр. Проще всего установить зрительную трубу на подставку, собранную из нескольких деревянных брусков и деревянных реек, а подставку — на штативе. Трубу зафиксируем на подставке с помощью хомутов. Это может быть намотанная несколько раз вокруг трубы нерастягиваемая изоляционная лента или тонкая и крепкая веревка. При установке зрительной трубы надо следить, чтобы ее оптическая ось была параллельна верхней плоскости подставки.

Тубус дополнительного окуляра можно склеить из плотной бумаги, которой обертывают какой-нибудь цилиндрический предмет (хотя бы велосипедный насос), предварительно обмотав его листами бумаги до желаемого диаметра. Толщина стенок тубуса доводится до 3–4 мм, а внутренний диаметр должен быть таким, чтобы дополнительный окуляр (в нашем случае фотообъектив «Индустар-50») входил в него с трением. Если внутренний диаметр тубуса сделать равным 41 мм, то объектив можно ввинчивать в него по резьбе. Чтобы уменьшить рассеивание света в тубусе, изнутри он покрывается черной матовой краской (например, гуашью). На подставке тубус

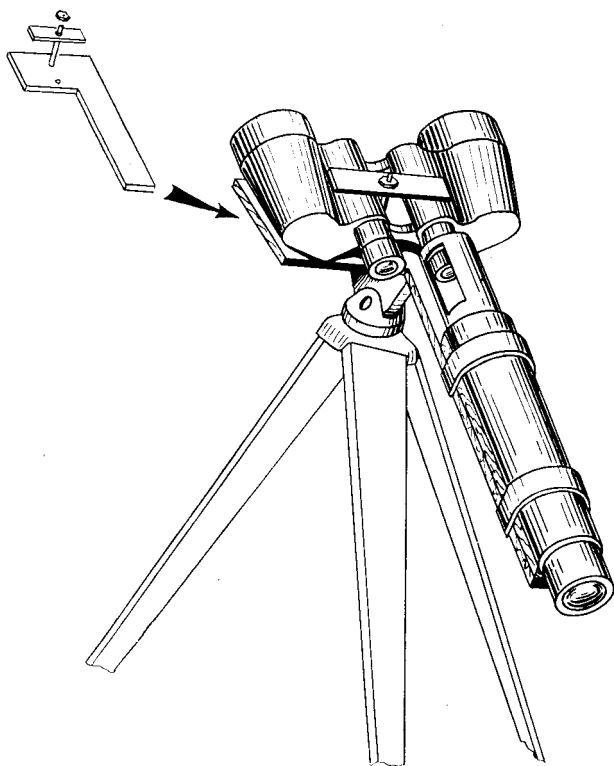
укрепляется хомутами. При этом оптические оси трубы и дополнительного окуляра должны совпадать.

Если временно снять дополнительный окуляр и за тубусом установить на деревянном бруске (140×30×10 мм) камеру от фотоаппарата «Зенит» (без объектива), то можно фотографировать небесные объекты с окулярным увеличением. При фотографировании тубус дополнительного окуляра служит блендой.

Немного усложнив конструкцию, можно сделать так, чтобы увеличение инструмента плавно изменялось, например от 30 до 70×. Для этого нужно снабдить окуляр двумя тубусами. Внутренний тубус должен двигаться во внешнем с небольшим трением. Во внутреннем тубусе лобзиком выпиливаются два прямоугольных отверстия — окна. Через них, перемещением окуляра зрительной трубы, фокусируют все устройство, когда расстояние от окуляра трубы до дополнительного окуляра небольшое.

Примерно такие же подставки можно смастерить к другим зрительным трубам и полевым биноклям. Правда, из-за конструктивных особенностей биноклей диапазон изменяемых увеличений будет невелик (перемещение внутреннего тубуса во внешнем ограничено), но основная задача — получение максимально полезного увеличения — решается с тем же успехом.

Зрительная труба или бинокль, снабженные дополнительным окуляром, позволят провести интереснейшие наблюдения небесных объектов и явлений, недоступных биноклю или зрительной трубе, имеющим небольшое увеличение.



Телескоп из бинокля.
Второй монокуляр бинокля
используется в качестве
искателя

«Алькор» в действии

Несколько лет назад в продаже появился зеркальный телескоп со звучным названием «Алькор». Это первый телескоп-рефлектор системы Ньютона, выпущенный в нашей стране для многочисленных любителей астрономии (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 73.—Ред.).

Характеристики «Алькора» следующие: диаметр объектива 65 мм, фокусное расстояние 502 мм (относительное отверстие 1/7,8), паспортная разрешающая способность 2,1". Монтировка альт-азимутальная. Есть микрометрические винты для тонкой наводки и отслеживания наблюдаемого небесного объекта. Они позволяют передвигать трубу телескопа в пределах 8° по каждой из осей. Окуляр один, но благодаря входящей в комплект телескопа линзе Барлоу, увеличивающей эквивалентное фокусное расстояние, и специальной трубке-вкладышу через прибор можно наблюдать с тремя фиксированными увеличениями — 33^x, 88^x и 133^x. Вес телескопа со всеми принадлежностями не более 10 кг.

На основе многочисленных наблюдений близких двойных звезд выявлена довольно высокая разрешающая способность «Алькоров». Она не хуже 2". Напомним, что у больших школьных рефракторов, имеющих диаметр объектива 80 мм, практическая разрешающая спо-

собность не превышает 2,1"—2,2". У некоторых наиболее удачных экземпляров «Алькора» разрешающая способность достигала даже 1,7"—1,8" (при спокойной атмосфере в загородной местности), что близко к теоретическому пределу разрешения для 65-миллиметрового объектива. Это говорит о хорошем качестве и юстировке всех оптических элементов телескопа. Благодаря высокой разрешающей способности «Алькор» позволяет рассмотреть многочисленные «мелкие» подробности лунного рельефа, некоторые детали на планетах, в том числе полярную шапку и наиболее крупные образования на поверхности Марса, ряд темных полос на облачном покрове Юпитера, видеть раздельно близкие двойные звезды. Многие из этих небесных объектов недоступны биноклям, зрительным трубам и даже школьным рефракторам.

Если еще учесть, что в приборе практически отсутствует хроматическая абберрация, то его преимущество по сравнению с телескопом-рефрактором заметно увеличится. Поэтому для определения цвета звезд «Алькор» оказался значительно эффективнее, чем, например, школьные рефракторы. К большим достоинствам «Алькора» можно отнести его незначительные габариты и вес, возможность разборки его стойки, а также компактную и

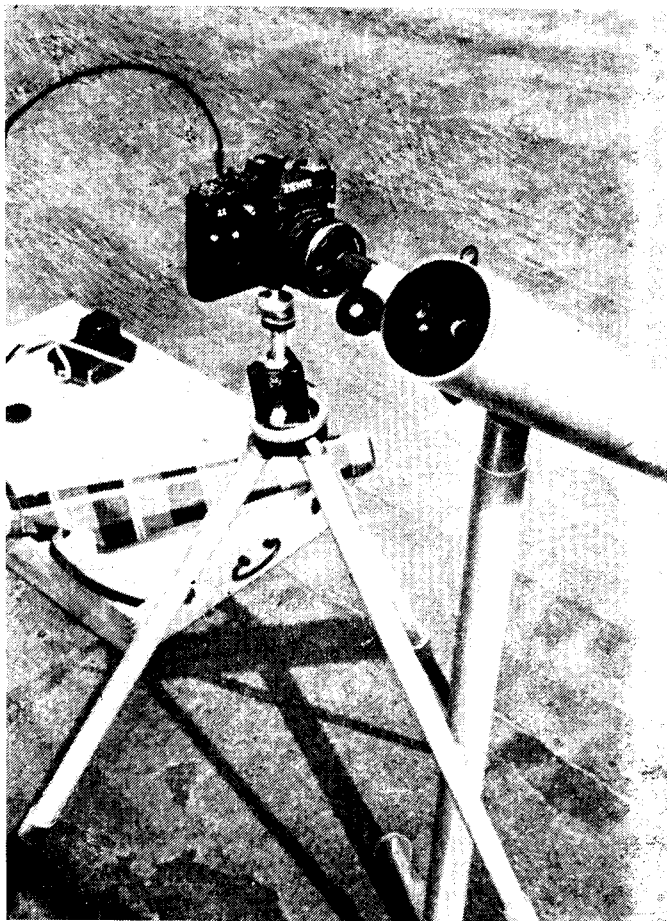


удобную упаковку. Благодаря этому перевозка телескопа не вызывает никаких трудностей.

Наряду с указанными достоинствами «Алькора» у него выявились и серьезные недостатки. Один из главных недостатков — отсутствие искателя. У прибора с увеличением более 50—70 раз и полем зрения меньше 1° искатель необходим. Простые прицеливающие устройства «Алькора» здесь малоэффективны, а у телескопов системы Ньютона еще и неудобны в работе. Особенно это касается тех случаев, когда отыскиваются объекты в близзенитной области и наблюдателю приходится помещать голову под трубой, вдалеке от окуляра. Если во время работы произойдет хотя бы небольшой сдвиг телескопа (например, при установке или снятии трубки-вкладыша или линзы Барлоу) и объект наблюдений выйдет из поля зрения, то долговременный и часто утомительный процесс его поиска возобновляется. Драгоценное наблюдательное время расстрачивается практически впустую. Из-за этого быстро устает наблюдатель, что ведет к значительному ухудшению качества работы. Прицеливающее устройство абсолютно бесполезно при поиске слабых небесных объектов. Поэтому для «Алькора» нужен искатель, хотя бы такой, какой имеется у другого любительского телескопа — «Мицара».

Диаметр объектива этого искателя 30 мм, увеличение $6\times$, поле зрения 8° (Земля и Вселен-

Простейшая установка для фотографирования небесных объектов с использованием оптической системы телескопа «Алькор»

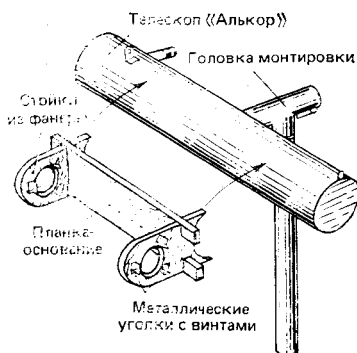


ная, 1984, № 3, с. 109.— Ред.).

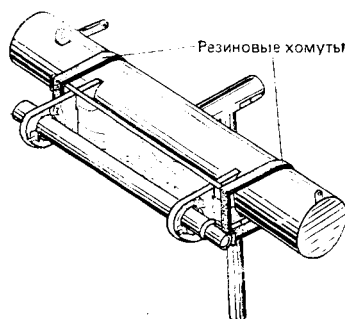
К недостаткам «Алькора» можно отнести сравнительно малую жесткость его механической части, нередко приводящую к смещению телескопа и выходу объекта из поля зрения.

Другой существенный недостаток, присущий также механической части телескопа, состоит в том, что при зажатии стопорных винтов азимутальной монтировки труба несколько смещается.

При заводской доработке «Алькора» желательно удлинить микрометрические винты на несколько сантиметров, заменить маленький стопорный

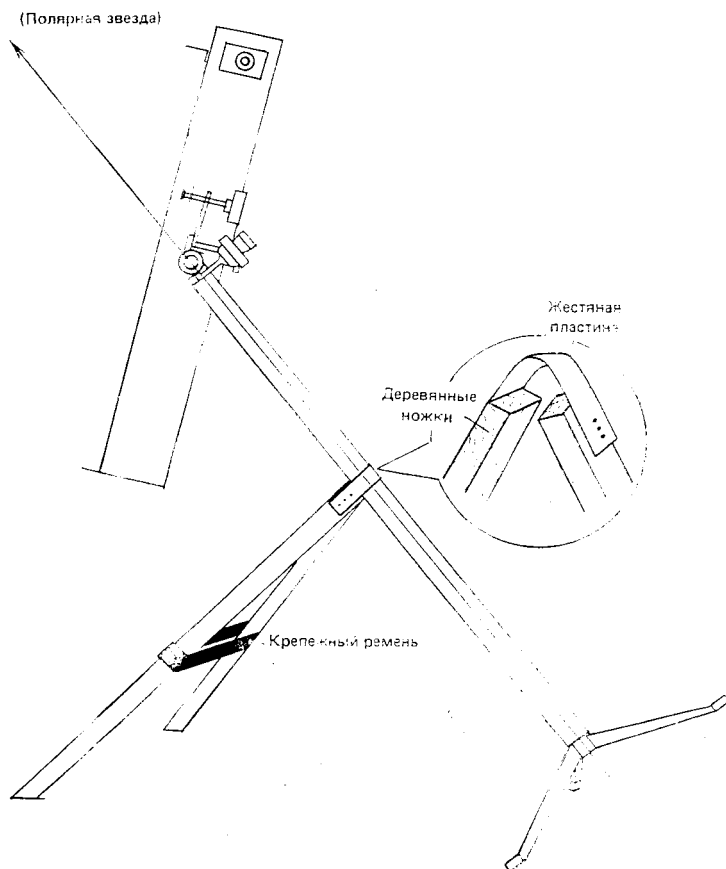


Устройство для крепления искателя



Искатель на телескопе «Алькор»

Простейшая экваториальная монтировка для «Алькора»



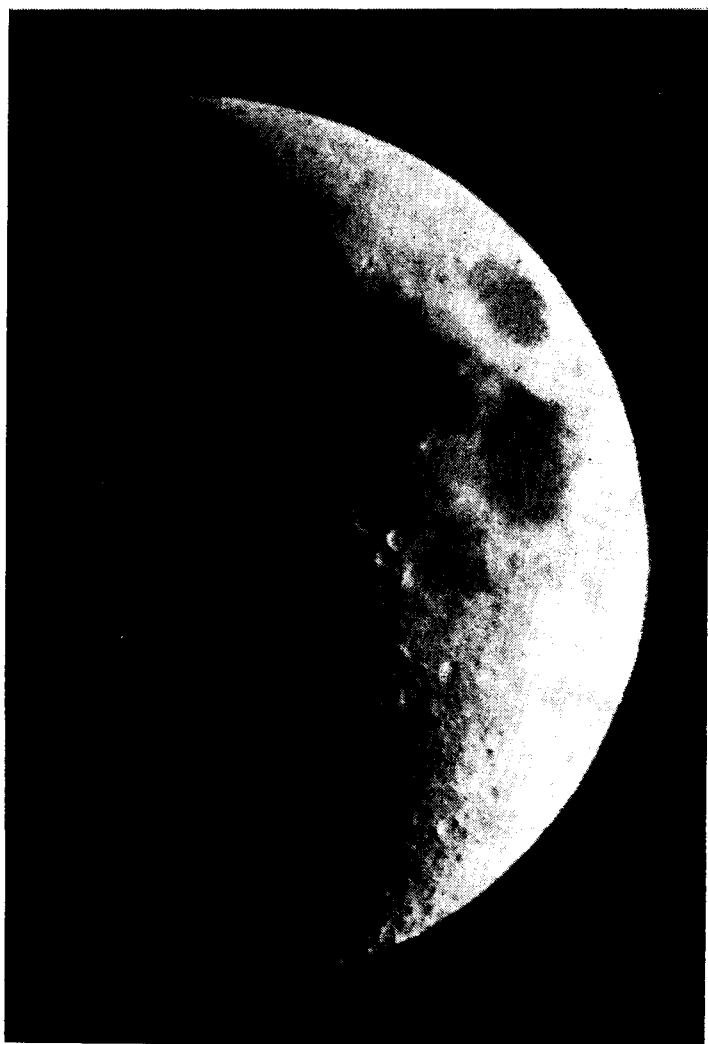
винтик окулярного тубуса на более длинный винт с увеличенной головкой. Количество задач, решаемых с телескопом, расширится, если он будет комплектоваться набором цветных светофильтров.

Любители астрономии, уже имеющие телескопы «Алькор», могут сами сделать к нему искатель и усовершенствовать монтировку.

Искателем может быть небольшая зрительная труба, монокуляр (половинка призмального бинокля) или маленький самодельный телескоп-рефрактор длиной 20—30 см (Земля и Вселенная, 1984, № 5, с. 110.—Ред.). При частой транспортировке телескопа искатель нужно сделать съемным, иначе труба телескопа с искателем не войдет в укладочный ящик «Алькора». Простой держатель искателя можно сделать из 10-миллиметровой фанеры. Он состоит из трех элементов: двух одинаковых стоек и планки-основания. Она фиксирует взаимное положение этих стоек. В стойках вырезаются отверстия диаметром на 3—5 мм больше внешнего диаметра тубуса искателя. На стойках через 120° жестко крепятся три небольших металлических уголка. Уголки имеют отверстия с резьбой, в которые ввинчиваются регулировочные винты (толщина уголков 1,5—2 мм, диаметр резьбы 3—4 мм). Внутренняя сторона стоек срезается по радиусу, равному радиусу трубы телескопа «Алькор» ($r=43$ мм). Длина планки (расстояние между стойками) зависит от длины искателя. Все элементы держателя жестко склеиваются столярным или эпоксидным клеем. Держатель крепится на трубе телескопа с помощью сильно натянутых резиновых хомутов, которые в

случае необходимости можно быстро снять. Согласование направлений визирования искателя и трубы телескопа производится винтами держателя по ярким звездам или планетам. Такую юстировку удобно производить по Полярной звезде.

При желании наблюдатель может переделать азимутальную монтировку «Алькора» в экваториальную. В простейшем случае стойка телескопа направляется на полюс мира и прибор фиксируется в таком положении. Для этого надо сделать подставку, состоящую из двух деревянных палок-ножек необходимой длины, тонкой металлической пластины (например из жести), стягивающей стойку телескопа и крепежного ремня. При таком «превращении» монтировка телескопа становится ниже. Поэтому для удобства наблюдений нужно подобрать соответствующий по высоте стул или ящик. С «Алькором» на экваториальной монтировке не только удобнее выполнять визуальные наблюдения, но можно и



Снимки, полученные с телескопом «Алькор» членами массовой секции Московского отделения ВАГО Алексеем Поповым (школа № 910), Анатолием Сапрыкиным (школа № 910), Павлом Строгановым (школа № 297) и автором статьи. Вверху: Венера (увеличение 133 ×, «Зенит», пленка 65 ед. ГОСТа, экспозиция 1/30 секунды). Внизу: Луна (увеличение 33 ×, «Зенит-11» с объективом «Гелиос-44», пленка 65 ед. ГОСТа, экспозиция 1/10 секунды)



Фотографируем небесные объекты

фотографировать с длительными выдержками. Если при этом сам телескоп используется как гид, то фотоаппарат в этом случае укрепляется на трубе телескопа или головке монтировки. Практика показывает, что качество фотографий звездных полей и скоплений, полученных таким способом, достаточно высокосе (см. статью А. О. Юферова).

Интересные снимки Луны, Солнца и Венеры можно получить, если фотографировать эти небесные объекты непосредственно через телескоп с окулярным увеличением. Для этого фотоаппарат (лучше всего зеркальный типа «Зенит») с короткофокусным объективом надо расположить непосредственно за окуляром. Масштаб изображения на негативе будет зависеть от того, какое увеличение дает телескоп. Если, например, Луну или Солнце требуется сфотографировать полностью, то увеличение прибора должно быть $33\times$. Крупномасштабные снимки лунных «морей», кратеров и горных цепей, а также солнечных пятен и Венеры получаются, если увеличение телескопа будет $133\times$. Астрономические наблюдения с телескопом «Алькор», как визуальные, так и фотографические, доставляют немало приятных минут начинающим исследователям звездного неба.

Когда в четвертом классе родители подарили мне фотоаппарат, первое, что я сделал — это направил его в ночное небо. На фотографии получилось ровно две звезды... Ободренный неслыханным успехом, я поспешил похвастать своим достижением. «Звезда, говоришь? — спросил отец. — Все ясно: звезды я скальпелем тоже рисовать умею...»

Известно, что звездное небо можно фотографировать, укрепив аппарат на неподвижном штативе и делая выдержки не более 15 секунд, если фокусное расстояние объектива составляет 4—5 см. Объектив должен быть максимальной светосилы, например, имеющийся в продаже «Гелиос-44». Наиболее высокой чувствительностью обладают аэро- и рентгеновские фотопленки казанского производства. Можно использовать также и обычную фотопленку чувствительностью 250 ед. ГОСТа. Сначала надо открыть затвор, снять крышку с объектива, подержать ее 5—15 секунд перед ним (в зависимости от устойчивости штатива) и убрать. За эти 5—15 секунд всякое дрожание аппарата исчезает, и звезды получают резкими. При относительном отверстии $A=1/2$, светочувствительности пленки 250 ед. ГОСТа и выдержке 15 с выйдут звезды примерно до 6-й звездной величины.

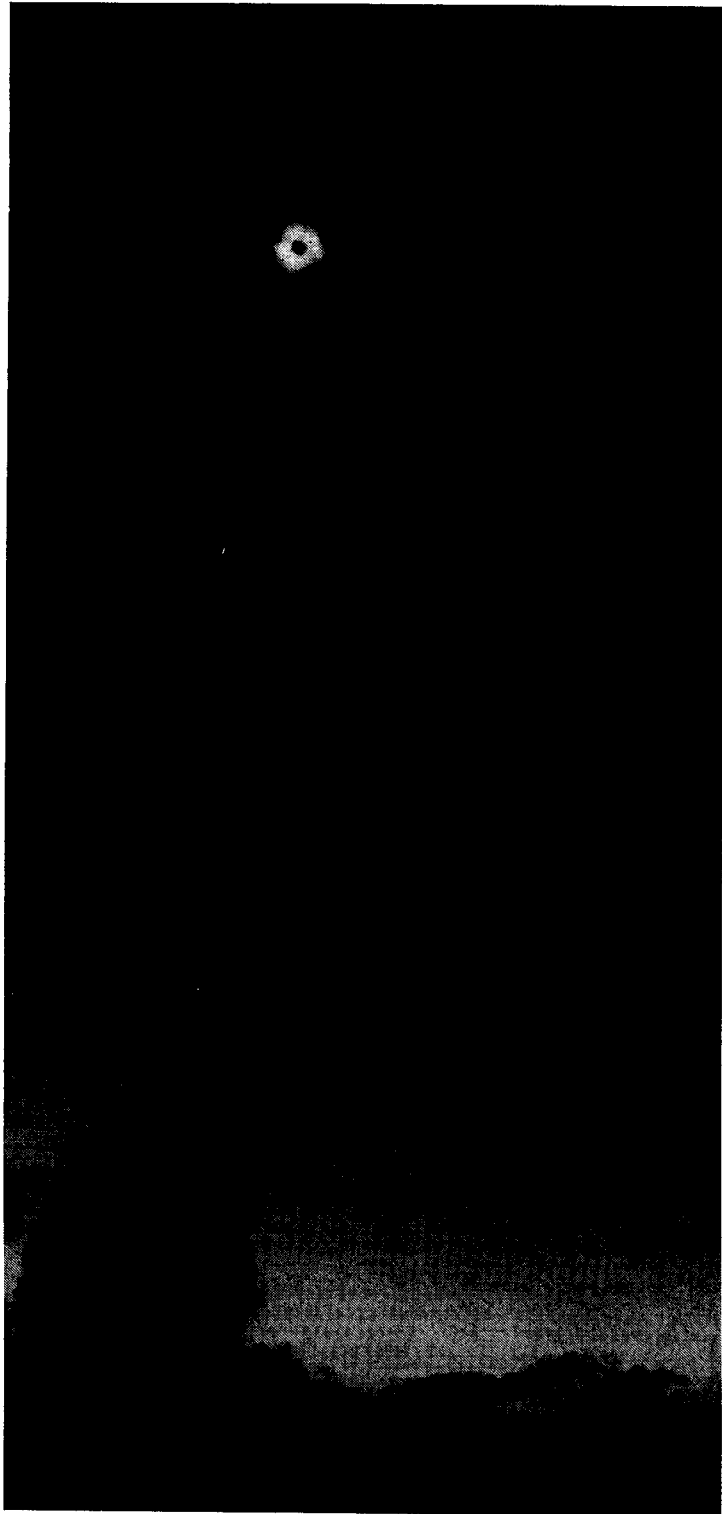
Проявлять пленку можно в

фенидон-гидрохиноновом проявителе, увеличив время проявления до 20—30 мин, чтобы максимально использовать светочувствительность фотоматериала.

Лучше всего готовую пленку нарезать на отдельные кадры и хранить их вставленными в рамки для диапозитивов. В таком же виде можно использовать кадры и для печатания. На всех этапах обработки, хранения и печатания необходимо соблюдать исключительную чистоту: проявитель должен быть обязательно профильтрован. После проявления и промывки подержать негативы под слабым напором проточной воды для удаления остатков грязи и ополоснуть в дистиллированной или хотя бы в кипяченой воде (вода должна не просто вскипеть, а покипеть еще минут тридцать).

При фотографировании звездного неба можно использовать телескоп «Алькор», который

Созвездие Орион. Снято аппаратом «Зенит», укрепленным на экваториальной установке. Комбинированный снимок, монтаж двух фотографий. Орион (выдержка 15 мин) и горы, снятые на рассвете. На врезке: Плеяды (выдержка 10 мин.) Снимок получен фотоаппаратом «Зенит», укрепленным на телескопе «Алькор».



Солнечное затмение 31 июля 1981 года (станция Посевная близ Черепанова). Комбинированный снимок. С двух цветных диапозитивов (пленка «Орвохром», 18 дин, $A=1/4$, выдержка $1/2$ и 2 секунды) сделаны черно-белые негативные копии.

имеет азимутальную установку (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 73.— Ред.). Фотоаппарат крепится с помощью струбины к верхней части трубы. Чтобы снимать с достаточно длинными экспозициями, необходимо горизонтальную ось телескопа сориентировать по линии «север—юг». В этом случае вращение поля хотя и сохраняется, но становится небольшим по величине. Вращением телескопа вокруг горизонтальной оси находится яркая звезда для гидирования (не ближе $20\text{--}30^\circ$ к зениту) и устанавливается относительно креста нитей (сделанного из волос) таким образом, чтобы примерно секунд через 20 она суточным движением попала как раз в центр креста. За эти 20 с надо открыть затвор, снять крышку с объектива, подождать секунд $10\text{--}15$, держа ее перед объективом, и начинать гидирование. Гидировать приходится по обеим осям. Выдержка не должна превосходить $8\text{--}15$ мин, так как иначе начинает сказываться вращение поля. Фотоаппарат может быть направлен и в любую произвольную точку неба, а не только на гидруемую звезду.

Если съемка производится при совершенно темном небе, то фон на снимке не прорабатывается. Максимальная предельная звездная величина достигается тогда, когда фон неба слегка подсвечивается, например Луной.



Портативный атлас звездного неба

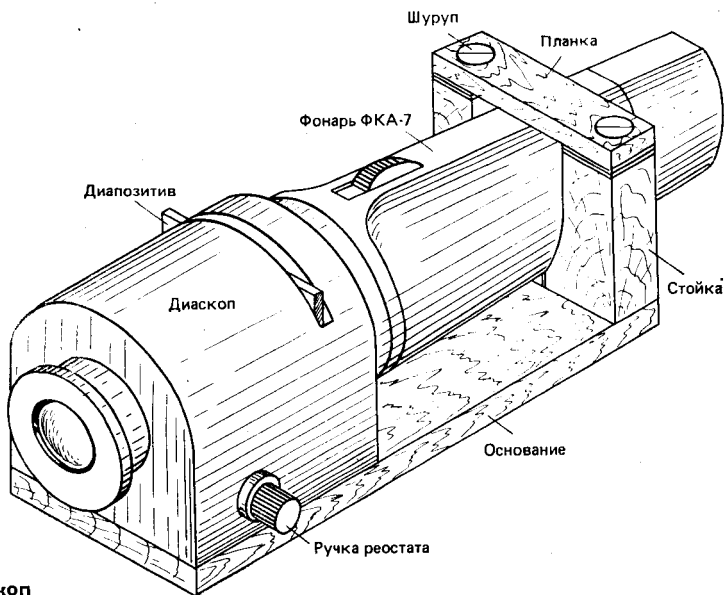
КАК СДЕЛАТЬ СЛАЙДЫ

Обычно любители астрономии при наблюдениях небесных светил пользуются картами и атласами звездного неба. Однако подробные карты имеют, как правило, большой формат и работать с ними можно лишь в обсерватории — там атлас или карту можно положить на стол или повесить на стену. Большинство же любителей проводят наблюдения с инструментами, которые на это время выносятся из дома на открытую площадку. В таких условиях пользоваться крупноформатными картами и атласами затруднительно. К тому же далеко не все любители имеют их.

Автор предлагает использовать для поиска небесных объектов не сами карты неба, а уменьшенные во много раз их фотокопии, представляющие собой кадры обычной 35-мм фотопленки. Комплект таких черно-белых диапозитивов в рамках (слайдов) занимает мало места, так что пользоваться ими можно не отходя от телескопа. Слайды с нужным участком карты рассматривают с помощью диаскопа, в котором встроена подсветка. Слайды удобны и тем, что их можно демонстрировать через диапроектор на экран, что позволяет знакомить с картой участка неба большую группу людей, например на занятиях астрономических кружков и секций.

Большинство звездных карт и атласов сделаны в негативном исполнении: на них звезды изображены черными точками на белом фоне. При фотографировании такой карты на пленке получаются белые звезды на черном фоне, то есть именно так, как они видны на небе. Фотографировать карты неба надо на контрастную пленку (например, типа «Микрат» или МЗ-3Л). Снимать лучше всего зеркальным фотоаппаратом (типа «Зенит»), так как его оптическая схема позволяет точно навести на резкость по матовому стеклу видоискателя.

Масштаб съемки зависит от формата имеющейся звездной карты или атласа и подбирается опытным путем. Он не



Усовершенствованный диакоп

должен быть малым, иначе при рассматривании слайда в диакоп придется сильно напрягать зрение. При достаточно большом масштабе число кадров в комплекте будет слишком велико, что затруднит поиск нужного участка звездной карты. Для уверенной привязки соседних кадров необходимо, чтобы изображения перекрывали друг друга. Очень удобен масштаб, при котором угловые расстояния между звездами на слайдах (при рассматривании их в диакоп) такие же, как и на небосводе при наблюдении невооруженным глазом (или в зрительную трубу). Тогда, глядя одним глазом в диакоп, а другим на небосвод, можно совместить изображения звезд на слайде с видимыми звездами на небе. При этом туманности, звездные скопления и другие объекты, изображенные на слайдах, будут проецироваться на то место небосвода, где они реально расположены. Это очень удобно при

поиске слабых объектов. Чтобы получить такой масштаб съемки (v), необходимо подобрать расстояние от звездной карты до пленки в фотоаппарате (L) по формулам:

$$v = \frac{f'_{\text{ок}} \cdot \Gamma}{y_{\delta} \cdot 57,3^{\circ}};$$

$$L = f'_{\text{об.ф}} (1 + v) \left(1 + \frac{1}{v}\right);$$

где $f'_{\text{ок}}$ — фокусное расстояние окуляра диакопа в мм; y_{δ} — масштаб звездной карты по склонению в мм/град; Γ — видимое увеличение зрительной трубы (бинокля, телескопа);

$f'_{\text{об.ф}}$ — фокусное расстояние объектива фотоаппарата в мм.

Отснятую пленку обрабатывают в контрастном проявителе. Готовые кадры вставляют в диапозитивные рамки, которые могут быть сделаны из картона или пластмассы. Но лучше всего использовать специальные стеклянные заготовки для слайдов, которые имеются в продаже. Стекло надежно защитит кадры от загрязнения и повреждений при

работе с ними. На каждой рамке указывают порядковый номер кадра, экваториальные координаты границ изображенной области неба и названия созвездий, которые входят в нее. Кроме того можно указать обозначения и координаты наиболее интересных объектов (двойных звезд, звездных скоплений, туманностей и др.), видимых в этой части неба. Такая информация позволит значительно быстрее отыскать слайд с нужным фрагментом звездной карты. Подобным образом можно изготовить и набор слайдов лунных карт. В этом случае следует брать обращаемую фотопленку, так как большинство лунных карт выполнены в позитивном изображении. Но если карта Луны малоконтрастная, то для изготовления слайдов лучше взять обычную негативную фотопленку типа «Фото-32» или «Фото-65», а затем с полученного негатива контактным способом получить на другой пленке позитив.

Атлас А. А. Михайлова и слайды
с картами звездного неба

При контрастной карте наиболее подходящей будет фото-пленка типа МЗ-ЗЛ.

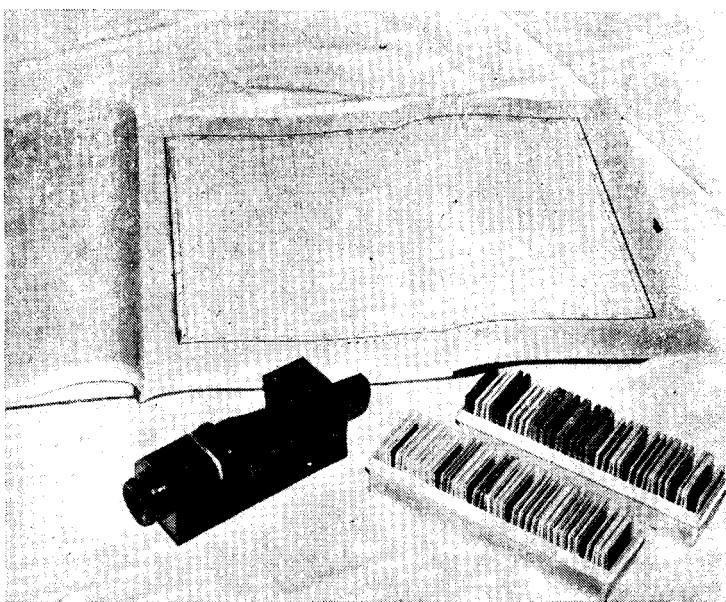
Описанными выше способами автором были изготовлены слайды звездных карт северного полушария неба из атласов А. А. Михайлова со звездами $6,5^m$ и даже до $8,25^m$, а также слайды лунного атласа.

КАК УСОВЕРШЕНСТВОВАТЬ ДΙΑСКОП

Прибор для просмотра слайдов состоит из диаскопа и электрического фонаря. Автор использовал обычный диаскоп из непрозрачной черной пластмассы. Внутри корпуса диаскопа монтируются две плоские пружины. Они надежно фиксируют слайд и не дают ему выпасть. За матовым экраном диаскопа надо сделать подсветку. Лучше всего для этой цели взять аккумуляторный фонарь типа ФКА-7, имеющий отражатель, который точно подходит к корпусу диаскопа. Благодаря такому совпадению отсутствуют щели, дающие световые помехи. Существенные преимущества аккумуляторного фонаря — его небольшие размеры и масса, а непрерывной работы без подзарядки хватает на один или два ночных сеанса наблюдений.

Для того, чтобы глаз быстро адаптировался к темноте после рассматривания слайда, между стеклом фонаря и матовым экраном диаскопа ставится не очень плотный красный светофильтр (его можно

Очень удобен в работе
портативный звездный атлас



вырезать из подходящего красного стекла). Наблюдение ярких объектов требует большей освещенности экрана, и тогда светофильтр убирается. При поиске слабых объектов освещенность экрана, наоборот, должна быть минимальной. Регулируют ее изменением накала лампы с помощью небольшого реостата, который закрепляют на основании. Впрочем, можно добиться ослабления, подбирая необходимое количество нейтральных светофильтров, которыми может служить плотная бумага.

Естественно, и диаскоп, и фонарь могут быть любые. Сейчас в продажу поступает удобный диаскоп с прямоугольным корпусом, имеющий фокусирующую лупу и плоские пласт-

массовые пружины для фиксации диапозитивов. Правда, у него есть один недостаток: корпус его сделан из белой пластмассы, пропускающей свет. Поэтому при работе необходимо обмотать корпус светонепроницаемым материалом (можно обойтись несколькими слоями темной изолен- той). И диаскоп, и фонарь закрепляют на основании металлическими хомутами или изолен- той.

В заключение хотелось бы сказать, что любители астрономии могут сделать портативные атласы, используя в качестве оригиналов фотографии звездного неба и Луны, полученные с помощью своих самодельных телескопов. В этом случае для совпадения угловых

расстояний между звездами на слайде с угловыми расстояниями звезд, видимых на небе, необходимо, чтобы фокусные расстояния объектива астрографа и окуляра диаскопа были одинаковыми. Коллективы астрономов-любителей могли бы оказать посильную помощь в изготовлении портативных атласов неба всем нуждающимся в них. Остается только пожелать, чтобы наша промышленность наладила выпуск таких слайдов. Это в значительной мере решило бы проблему с атласами звездного неба и картами Луны для любителей астрономии.





Самодельный кометоискатель

Кометоискатель можно построить, используя линзы и объективы какой-либо списанной оптической аппаратуры. Для объектива своего кометоискателя я взял ахроматическую линзу от кинопроекторного объектива П-4. Она вставлена в металлический корпус, имеет фокусное расстояние 220 мм и диаметр 70 мм. Окулярю мне послужил окуляр от бинокля Б-6 (поле зрения 50° , фокусное расстояние 20 мм).

Окуляр я закрепил в тубусе из плотного картона, внутреннюю поверхность которого оклеил черной бумагой. Другой стороной тубус плотно входил в металлический корпус объектива П-4. Поскольку диаметр тубуса значительно больше диаметра окуляра, пришлось изготовить переходную трубку-вкладыш. Лучше

всего, конечно, когда и тубус, и переходная трубка-вкладыш сделаны из металла, это обеспечило бы более точное совпадение оптических осей объектива и окуляра.

Увеличение моего кометоискателя составило $11\times$, а поле зрения — $4,5^\circ$, что вполне соответствует оптимальным параметрам систем для поиска комет. Проницающая способность равна $10,5^m$, но при очень ясном небе можно различить туманности и до $11,1^m$.

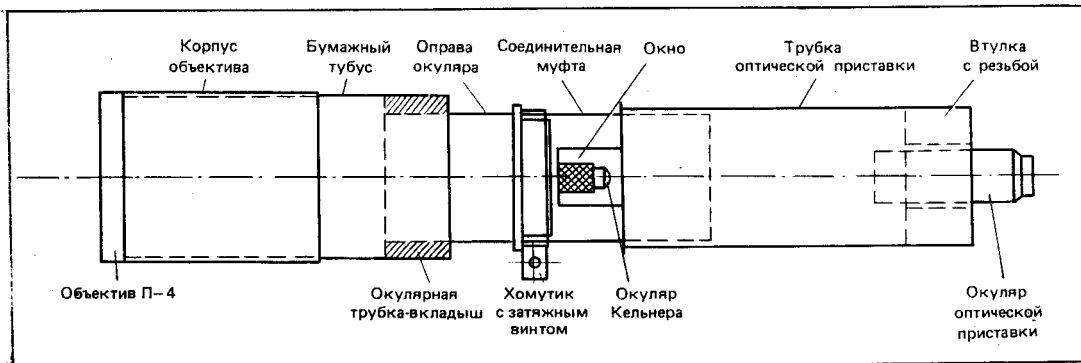
Кометоискатель я установил на штативе, который имеет нормальную головку, позволяющую плавно вести трубу инструмента параллельно горизонту. Чтобы труба кометоискателя хорошо держалась на штативе, пришлось изготовить переходное устройство, состоящее из деревянного бруска размером $130 \times 65 \times 35$ мм.

Кометоискатель можно использовать и для наблюдений Луны, Солнца, планет. Но для

этого надо повесить его увеличение, что делается с помощью оптической приставки с дополнительным окуляром, как это описано в статье Д. А. Фомина и Г. В. Шуваева (Земля и Вселенная, 1984, № 4, с. 84.—Ред.).

Оптическая приставка к моему кометоискателю выполнена из металлической трубки, на одном конце которой закреплен дополнительный окуляр. В качестве такого окуляра я использовал фабричный ахроматический объектив, имеющий фокусное расстояние 45 мм. Окуляр по резьбе перемещается в трубке оптической приставки. Другим концом трубка плотно надевается на окулярную трубку-вкладыш кометоискателя. Для надежности место соединения охватывается металлическим хомутиком с затяжным винтом. В трубке оптической приставки делаются два прямоугольных отверстия, через которые можно пере-

Схема кометоискателя с приставкой



мещать окуляр при фокусировке устройства.

При сборке всей системы необходимо проследить, чтобы оптические оси кометоискателя и приставки были строго на одной прямой. Даже незначительное смещение оптической оси приставки вызывает заметное смещение изображения в поле зрения окуляра.

Диаметр трубки приставки желательно взять равным 50 мм или больше, а глаз располагать на таком расстоянии от дополнительного окуляра, чтобы все поле зрения было в виде светлого кружка. В этом

кружке и должно появиться изображение наблюдаемого объекта при фокусировке окуляров кометоискателя и приставки. Очень трудно на первых порах получить изображение в поле зрения окуляра, но для выработки навыков можно поупражняться на удаленных наземных предметах.

Отладка всей телескопической системы осуществляется так.

1. Навожу трубу кометоискателя без приставки на удаленный наземный предмет и фокусирую изображение.

2. Надеваю на трубу оптиче-

скую приставку с произвольно выбранным расстоянием между окулярами (брать большое расстояние не нужно, поскольку масштаб изображения тогда будет слишком велик, качество хуже, а поле зрения меньше).

3. Перемещаю окуляры кометоискателя и приставки, добиваясь резкого изображения.

4. Измеряю расстояние от линзы окуляра кометоискателя до линзы окуляра приставки и делаю отметку на трубе (на этом расстоянии и будет находиться увеличенное изображение наблюдаемого объекта).



Еще раз об усовершенствовании зрительной трубы «Турист»

Известный читателям из предыдущей публикации метод повышения увеличения оптической системы с помощью дополнительного окуляра (Земля и Вселенная, 1984, № 4, с. 84.—Ред.) имеет ряд недостатков: ухудшается качество изображения, что связано с введением дополнительных элементов, увеличиваются потери света из-за отражения от поверхностей вводимых линз, заметно растут вес и габариты всего инструмента. Существует и другой способ повышения увеличения зрительных труб — путем изменения воздушных промежутков между оптическими компонентами системы. Рассмотрим этот метод на примере усовершенствования зрительных труб «Турист-1» и «Турист-4» (диаметр объектива 30 мм, увеличение $10\times$) или

«Турист-2» и «Турист-3» (диаметр объектива 50 мм, увеличение $20\times$).

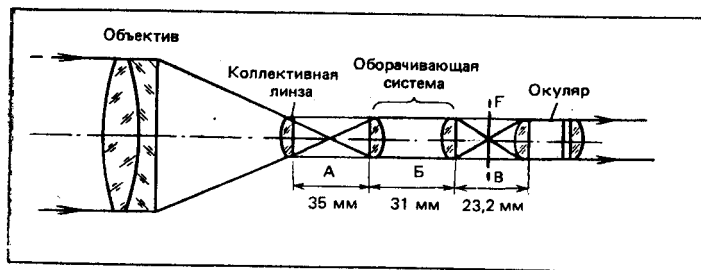
В трубах этого типа коллективная линза собирает лучи, прошедшие через объектив, что позволяет уменьшить габариты трубы. Две линзы оборачивающей системы строят прямое изображение предмета в фокальной плоскости окуляра. Металлические линзы, разделяющие все линзы, определяют размеры воздушных промежутков между оптическими компонентами. Весь блок выдвигается из корпуса и фиксируется на заданном расстоянии от объектива.

Как показывают расчеты, если изменить воздушные промежутки между оптическими компонентами определенным образом, то можно увеличить эквивалентное фокусное рас-

стояние системы. Это приводит к увеличению масштаба изображения объекта в фокальной плоскости окуляра. Причем качество изображения при этом практически не изменяется.

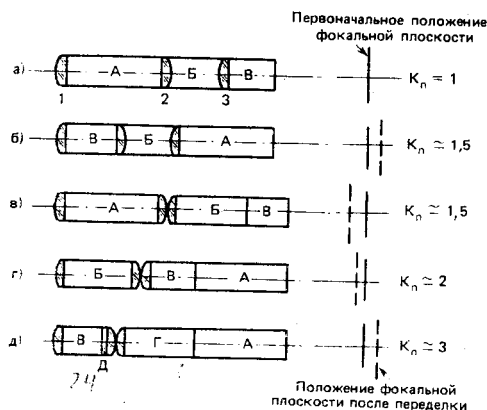
Рассмотрим случай, когда изменение воздушных расстояний между линзами даст максимальное повышение увеличения, то есть когда трубы «Турист-2» и «Турист-3» дадут увеличение $60\times$.

Следует сказать, что изменение расстояния между линзами оборачивающей системы приводит к смещению фокальной плоскости. Если это расстояние уменьшить, фокальная плоскость сместится в сторону объектива. С другой стороны, уменьшение расстояния между коллективной линзой и первой линзой оборачивающей системы приводит к обратному ре-



Оптическая схема
зрительной трубы
«Турист»

Варианты
перестановки линз
и изменения
воздушных
промежутков
для трубы «Турист»
(K_n — коэффициент
повышения
увеличения трубы)



зультату: расстояние между
фокальной плоскостью и объ-
ективом увеличивается. Чтобы
вернуть в первоначальное по-
ложение сместившуюся в ре-
зультате перестановки линз
фокальную плоскость, от трубки
Б надо отпилить кольцо так,
чтобы оставшаяся часть имела
длину $25 \pm 0,2$ мм (назовем ос-

тававшая часть трубочкой Г).
Отпиленное кольцо уменьшим
до размеров 0,8—0,9 мм (это
будет кольцо Д) и удлиним с
его помощью трубку В. Длину
трубок А и Б оставим без
изменений. Если имеется воз-
можность, то трубки лучше
выточить на токарном станке
из дюрала. Внутреннюю по-

верхность изготовленных тру-
бок необходимо покрасить
черной масляной краской, до-
бавив в нее сажу или скипи-
дар.

В рассматриваемой схеме
компоненты оборачивающей
системы касаются выпуклыми
поверхностями, что, конечно
же, недопустимо. Поэтому меж-
ду ними необходимо поместить
дополнительное кольцо, кото-
рое обеспечило бы небольшой
воздушный зазор.

Для компенсации близору-
кости или дальнозоркости гла-
за наблюдателя предусмот-
рено смещение окуляра в
небольших пределах (на оку-
ляре нанесена диоптрийная
разметка). У переделанной
трубы эта разметка уже не бу-
дет соответствовать перво-
начальной. Поэтому для близо-
рукого глаза необходимо ши-
рину кольца Д уменьшить на
0,1—0,2 мм, но делать это надо
постепенно, путем нескольких
проб.

Зрительная труба с увеличе-
нием $30\times$ — $60\times$ и угловым раз-
решением $3''$ — $5''$ имеет не-
большое поле зрения (1° — 2°).
Для работы с такой трубой
необходимы устойчивый шта-
тив и гид.

ТАБЛИЦА 1

ДАННЫЕ ОБ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БИНОКЛЯХ

Бинокль	Диаметр выходного зрачка d (мм)	Предельная разрешающая способность r (")	Угол поля зрения α (°)	Проницающая сила m (зв. величина)	Сумеречное число S	Масса (кг)	Цена (руб.)
БП 7×35	5,0	6	8,5	9,8	15,7	0,7	70
БПЦ 7×35	5,0	6	8,5	9,8	15,7	0,7	80
БПЦ 7×50	7,1	6	7,0	10,6	18,7	1,0	87
БПЦ 8×30	3,8	6	8,5	9,5	15,5	0,6	80
БП 10×50	5,0	4,5	6,0	10,6	22,6	0,9	80
БПЦ 10×50	5,0	4,5	6,0	10,6	22,4	0,9	90
БПЦ 12×40	3,3	4,6	6,0	10,1	21,9	0,9	85
БПЦ 20×60	3,0	3,0	3,6	11,0	34,6	1,4	120

ТАБЛИЦА 2

ДАННЫЕ О НЕКОТОРЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МОНОКУЛЯРАХ

Монокуляр	Предельная разрешающая способность r (")	Угол поля зрения α (°)	Проницающая сила m (зв. величина)	Сумеречное число S	Масса (кг)	Цена (руб.)	Примечание
МП 8×30	6,0	8,5	9,5	15,5	0,3	15	Монокуляр со сменными объективами
МП 7×50	6,0	7,0	10,6	18,7	0,4	32	
МП $\left\{ \begin{array}{l} 12 \times 40 \\ 20 \times 60 \end{array} \right\}$	$\left\{ \frac{4,6}{3,0} \right\}$	$\left\{ \frac{6,0}{3,5} \right\}$	$\left\{ \frac{10,1}{11} \right\}$	$\left\{ \frac{21,9}{34,6} \right\}$	$\left\{ \frac{0,4}{0,8} \right\}$	52	

ТАБЛИЦА 3

ДАННЫЕ О НЕКОТОРЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЗРИТЕЛЬНЫХ ТРУБАХ

Зрительная труба	Диаметр объектива d (мм)	Увеличение (крат)	Предельная разрешающая способность r (")	Угол поля зрения, α (°)	Проницающая сила (зв. величина)	Сумеречное число S	Масса (кг)	Цена (руб.)
«Турист-4»	30	10	6,0	4	9,5	17,3	0,3	18
«Турист-3»	50	20	4,5	2	10,6	31,6	0,6	40



Л. Л. СИКОРУК

150-миллиметровый телескоп-рефлектор

Среди любителей астрономии господствует точка зрения, согласно которой только телескоп, имеющий большой диаметр, может быть по-настоящему полезен. Спору нет, при прочих равных условиях телескоп с большим зеркалом дает выигрыш и в проникающей силе, и в разрешающей способности. Но, к сожалению, часто забывают о том, что диаметр объектива далеко не единственный фактор, влияющий на эффективность телескопа. Иногда 300—500-миллиметровые любительские телескопы стоят без дела, поскольку качество их оптики довольно низкое. Еще больше крупных телескопов с низким качеством механики. Это делает их пригодными разве что для разглядывания гор на Луне. Между тем астрономическая фотография в отличие от визуальных наблюдений требует особых качеств телескопа и его монтировки.

Нет смысла подсчитывать предельную фотографическую звездную величину 300-миллиметрового телескопа, если нет уверенности в том, что его монтировка позволит при длительных выдержках получать на пластинке размеры звездных изображений не более 0,03—0,05 мм. Неточность хода часового привода, неуверенное гидирование, неточная фокусировка, вибрации приведут к размыванию изображений

звезд. Предположим, что 300-миллиметровый рефлектор дает на негативе диаметры звездных изображений 0,075 вместо 0,03 мм; значит, диаметр изображений станет в 2,5, а площадь в 6,25 раза больше — и во столько же раз понизится освещенность на фотозмусльсии. Но уменьшение освещенности в 6,25 раза означает потерю в 2 звездных величины. Это равносильно замене 300-миллиметрового телескопа 120-миллиметровым с хорошей механикой. Такому чрезвычайно важному обстоятельству обычно не придают большого значения. Только так можно объяснить пренебрежительное отношение многих любителей к телескопам умеренных размеров.

Будем считать телескоп хорошим во всех отношениях, если он позволяет получать в фокусе окулярной камеры при эквивалентном относительном отверстии до 1/100 качественные фотографии поверхности Луны и планет с выдержками 5—10 с и фотографии туманностей, скоплений, галактик в ньютоновском фокусе с выдержками 1—2 часа.

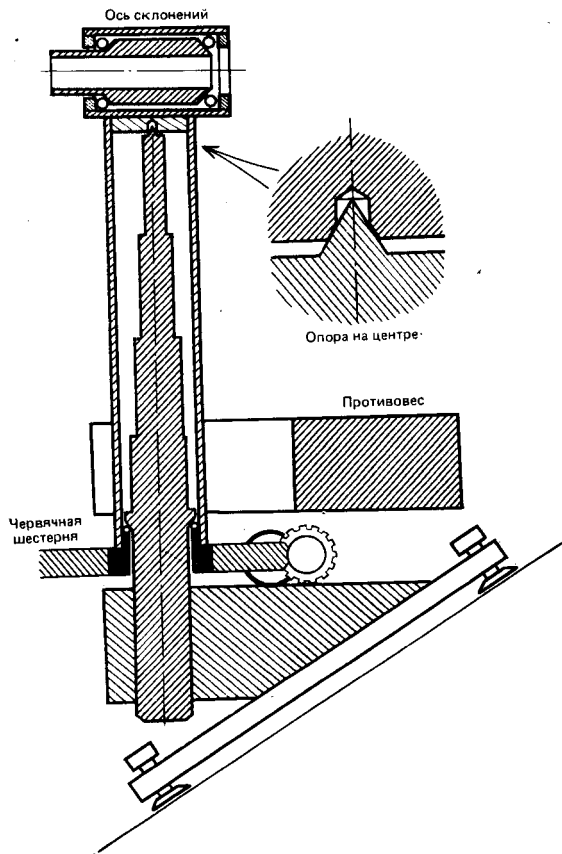
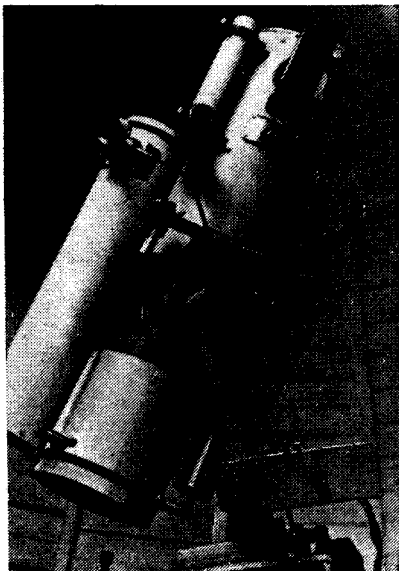
Телескоп, о котором пойдет речь, удовлетворяет большинству перечисленных требований. Диаметр его зеркала 150 мм, фокусное расстояние 960 мм. Он построен в 1968 году, и вот уже 18 лет работать на нем — одно удоволь-

ствие. Благодаря относительно небольшой массе (менее 50 кг) телескоп стал «участником» всех загородных экспедиций Клуба любителей телескопостроения имени Д. Д. Максута, тогда как 250-миллиметровый и 300-миллиметровый рефлекторы пылятся в мастерской клуба, там, где они были построены.

Несмотря на некоторые усовершенствования, конструкция телескопа в целом осталась неизменной. Это объясняется удачным выбором монтировки, которая пока, к сожалению, мало известна у нас в стране. Монтировка предложена около 30 лет назад А. Мейнелом и У. Бостианом (США) при проектировании 91-сантиметрового рефлектора для обсерватории Китт Пик. Позже, когда преимущества новой монтировки выяснились со всей полнотой, за рубежом появились сотни средних и малых профессиональных телескопов на такой монтировке и ее модификациях. Главная особенность монтировки в том, что полярная ось крепится к основанию своим южным концом, поэтому при переходе через меридиан телескоп не нужно перекладывать вокруг полярной оси на 180°. Другая особенность — противовес сильно смещен вниз, так что центр тяжести оказывается значительно ниже оси склонений. Это делает телескоп более

Гид имеет такие характеристики:
 $D=100$ мм, $F=630$ мм.
 Противовес расположен в нижней части полярной оси

150-миллиметровый телескоп-рефлектор системы Ньютона.



устойчивым к вибрациям. Относительно небольшая масса, хорошая жесткость, удачные механизмы тонких движений, ну и, конечно, хорошая оптика — все это делает телескоп очень эффективным в работе.

Полярная ось телескопа состоит из двух частей: неподвижной оси и подвижного корпуса, на котором крепится ось склонений, противовес и червячная шестерня часового привода. Неподвижный стержень оси выточен уступами, благодаря чему общий вес телескопа снизился на 3 кг без потери жесткости. Северный (верхний) подшипник по-

лярной оси — опора на центре, южный подшипник — насыпной. В случае возникновения люфта его можно подтянуть с помощью кольца на резьбе. Аналогичны два подшипника оси склонений.

Тормоз оси склонений — хомут с винтом. К хомути приварена консоль, которая через винт и возвратную пружину связана с поводком на трубе.

Чтобы грубо навести телескоп по прямому восхождению, нужно отключить червяк от шестерни. Для этого один из подшипников червяка вставлен в эксцентрик, и при повороте эксцентрика специаль-

ной ручкой винт отходит от шестерни.

Механизм тонких движений по прямому восхождению этого телескопа, насколько известно автору, ранее нигде не применялся, хотя с точки зрения теории механизмов в нем нет ничего нового. Электродвигатель со встроенным редуктором установлен в точном корпусе, который и служит ручкой тонких движений. В обычном положении часовой механизм ведется электродвигателем, а когда надо сделать коррекцию, достаточно повернуть корпус на нужный угол, что ускорит или замедлит ход привода.



Туманность М 31 в Андромеде.
Справа — галактика NGC 205,
внизу — М 32. Пленка А-500,
экспозиция 1 час



Шаровое скопление М 13.
Пленка А-500,
экспозиция 20 мин

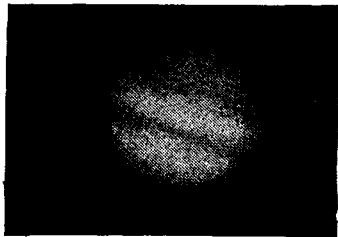


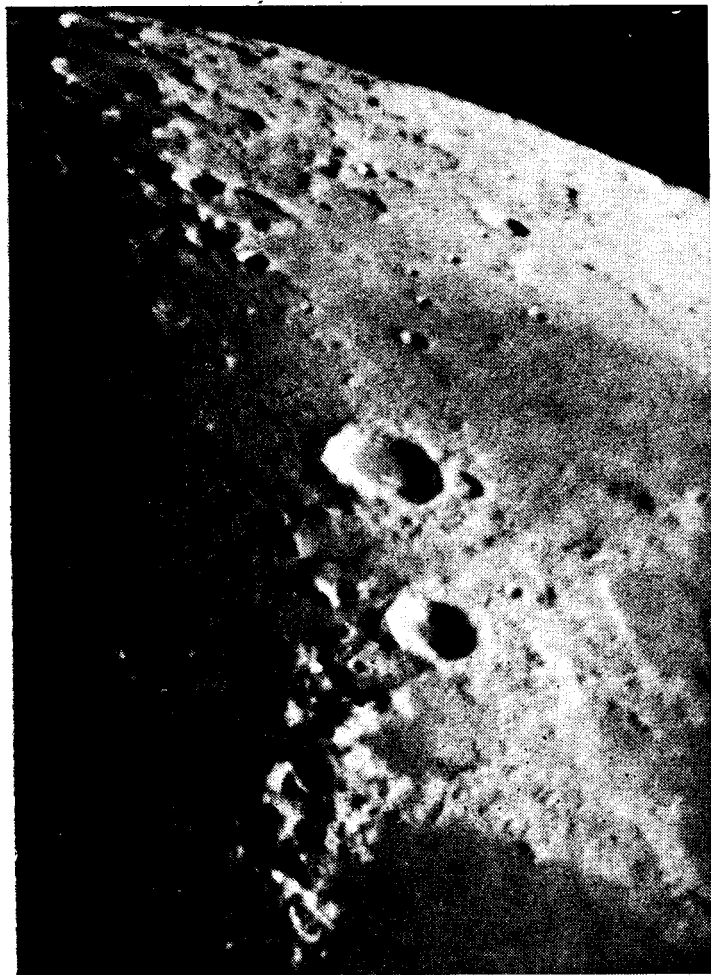
Плеяды.

Пленка А-500,
экспозиция 1 час



Юпитер. Окулярная камера.
Пленка «Фото-130»,
экспозиция 1 с





Луна. Снимок получен на пленке «Фото-130» с экспозицией 0,5 с

Электродвигатель ДСМ2-П-220 (он используется в различных самописцах и программных устройствах) имеет скорость на выходном валу 2 об/мин. Вал расположен не симметрично относительно оси корпуса мотора. На передней стенке автор смонтировал еще одно звено редуктора с таким расчетом, чтобы окончательный вал оказался на оси симметрии двигателя и одно-

временно вчетверо снизилась скорость.

Для фотографирования планеты и деталей поверхности Луны построена окулярная камера с 12,5-миллиметровым объективом от 8-миллиметровой кинокамеры «Экран». Корпус окулярной камеры состоит из двух алюминиевых трубок и трех удлинительных колец к фотоаппарату «Зенит». Комбинируя трубки и кольца, можно получить различную длину окулярной камеры и 16 различных увеличений с эк-

вивалентными относительными отверстиями от 1/25 до 1/90 и фокусными расстояниями от 4 до 14 метров.

Затвор камеры установлен позади объектива в районе выходного зрачка на расстоянии примерно 10 мм. Здесь диаметр пучка света всего 2 мм и достаточно, чтобы крошечный лепесток затвора поднимался на 3—4 мм. Маленький соленоид с простой и легкой заслонкой, которая открывается во время включения соленоида — вот и весь затвор. Работает затвор от кнопки, связанной с ним легким электрокабелем.

Фокусируется камера по матовому стеклу зеркального фотоаппарата «Зенит», но при относительном отверстии около 1/100 яркость объекта так низка, что трудно уловить момент, когда изображение сфокусировано. С помощью маленького полировальника, укрепленного в сверлильном станке, на матовой поверхности коллективной линзы «Зенита» пришлось сделать небольшое пятнышко диаметром 5 мм. Через это пятнышко объект виден как в окуляр. Для более уверенного фокусирования на отполированном пятне нанесены две короткие царапины. Когда изображение хорошо сфокусировано, царапины и объект видны резко.

Если наблюдения ведутся в ньютоновском фокусе, фокусирование производится иначе. На рамку кадрового окна любого фотоаппарата, у которого откидывается задняя стенка, устанавливается нож Фуко, представляющий собой сточенную на одну сторону полосу мягкого алюминия шириной 8 мм и толщиной 2 мм. Рабочая сторона ножа

должна совпадать с плоскостью пленки. Телескоп направляется на звезду первой или второй величины, расположенную поблизости от фотографируемого объекта. Глядя на главное зеркало, приводим звезду на край ножа и фокусируем, пока не увидим на зеркале «плоский рельеф». В этот момент изображение звезды находится точно в плоскости ножа, а значит, и пленки. Теперь можно заряжать камеру и начинать экспозицию. Чтобы при проверке фокуса через 2—3 экспозиции не разряжать фотоаппарат, выточен специальный стакан, который наворачивается вместо фотоаппарата. На верхнем конце стакана — нож Фуко. Расстояние от нижней плоскости стакана до ножа должно быть равно рабочему отрезку фотокамеры с точностью 0,1—0,2 мм. Использование ножа Фуко не только самый точный способ фокусирования, но и дает возможность отказаться от пробных снимков. Это особенно важно при работе на многоцелевом телескопе, когда фотографирование в ньютоновском фокусе, визуальные наблюдения, фотографирование с окулярной камерой могут следовать друг за другом в течение одной ночи.

После завершения строительства загородной обсерватории Клуба любителей телескопостроения имени Д. Д. МаксUTOва под куполом ее устанавливается сложный комплекс из 315-миллиметрового телескопа Ньютона, 260-миллиметровой камеры Райта, 140-миллиметровой камеры Шмидта и 140-миллиметрового



Туманность
в Орионе (М 42 и М 43).
Пленка А-500,
экспозиция 20 мин

коронографа. Несмотря на то, что в Клубе уже построено много других сравнительно больших инструментов, а сейчас начинаются работы по строительству 620-миллиметрового телескопа, старый маленький 150-миллиметровый «ньютон» вовсе не сдается в

музей. Для него строится небольшой павильон с откатывающейся крышей, и нет сомнений, что он еще доставит немало счастливых минут членам клуба.

В заключение мне хочется поблагодарить моего хорошего друга, токаря Евгения Степановича Смышляева, который в свое время помог мне в постройке монтirовки телескопа.



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

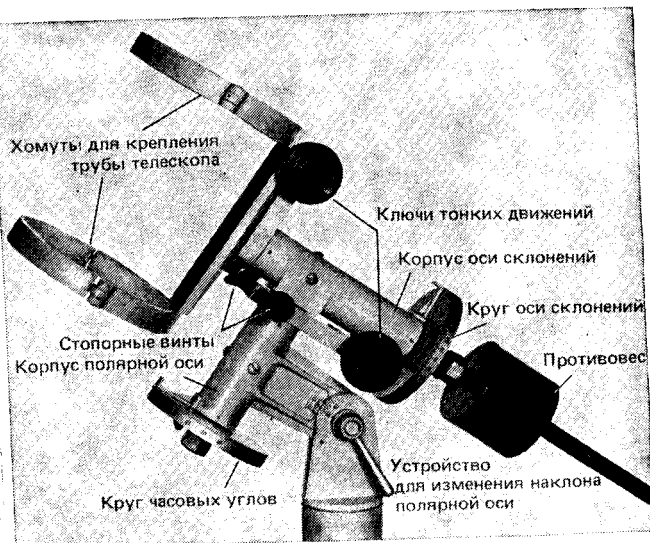
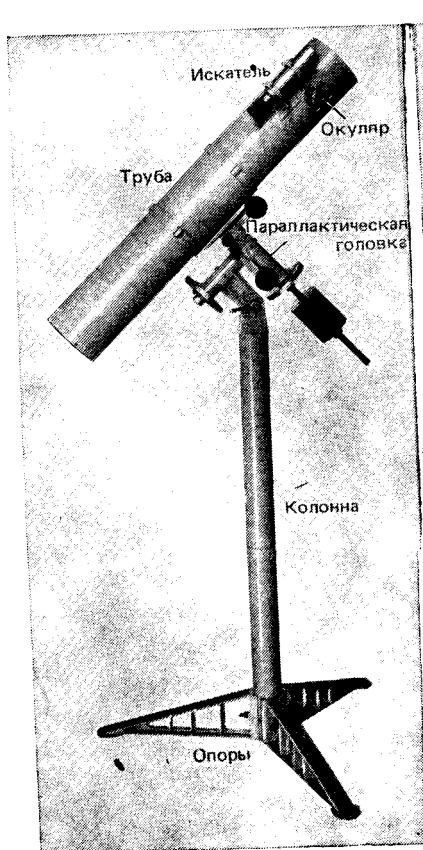
В 1981 году журнал рассказывал о телескопе «Алькор», который выпускает для любителей астрономии Новосибирский приборостроительный завод имени В. И. Ленина (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 73). Здесь же сообщалось, что начата разработка конструкции более совершенного любительского телескопа «Мицар». Выполняя просьбу читателей И. Б. Адин-

скова (г. Саратов), П. Г. Валинца (г. Владивосток), С. В. Волкова (г. Дудинка), В. Ключника (г. Полтава), Л. М. Корякина (пос. Подосиновки, Кировская обл.), И. А. Кулькова (г. Красноармейск), Ю. Г. Никитина (г. Тула), А. Ю. Румянцев (г. Сатка), Н. Н. Худякова (з/с Новорыбинский, Целиноградская обл.), о новом телескопе рассказывает Л. Л. СИКОРУК, работавший над его созданием вместе с инженерами Н. К. Безносовой и Н. И. Крысовой.

Телескоп «Мицар», как и «Алькор», — рефлектор системы Ньютона. Его главное зеркало имеет диаметр 110 мм и фокусное расстояние 800 мм. Два окуляра — симметричный с фокусным расстоянием 25 мм и

Кельнера с фокусным расстоянием 15 мм — вместе с ахроматизированной линзой Барлоу дают увеличения: 32, 54, 96, 170 $\times$. Этим увеличениям соответствуют диаметры выходного зрачка 3,4; 2,0; 1,1; 0,65 мм и поля зрения 1,5°, 50', 28 и 16'. При минимальном увеличении в поле зрения «Мицара» помещается та часть туманности Андромеды (M 31), которую мы видим на большинстве фотографий, а при максимальном увеличении — лишь половина видимого диаметра Луны.

Труба телескопа — алюминиевая диаметром 130 мм. Главное зеркало установлено в юстируемой оправе. Плоское зеркало также смонтировано в юстируемой оправе, которая установлена в трубе на четырех растяжках. Окуляры и лин-



Параллактическая головка телескопа «Мицар»

Телескоп «Мицар»

за Барлоу помещаются в фокусировочную трубку. Перемещая ее с помощью кремального устройства, наблюдатель добивается хорошей фокусировки изображения.

Чтобы облегчить поиск небесных объектов, телескоп снабжен искателем. Это — 6-кратная труба Кеплера с 30-миллиметровым ахроматизированным объективом и окуляром Кельнера. Поле зрения искателя 8°. Искатель установлен параллельно трубе телескопа в двух кольцах и юстируется шестью винтами.

Монтировка телескопа немецкая. Полярная ось может располагаться под различными углами к горизонту, в зависимости от широты места наблюдения. Пределы изменения углов наклона от 30 до 65°.

Ось склонений на одном конце несет трубу, а на другом — противовес, который перемещается по оси склонений для уравнивания монтировки. Труба крепится двумя хомутами, что позволяет балансировать (уравновешивать) трубу простым перемещением ее вдоль оптической оси. Поворачивая трубу вокруг ее оси, можно устанавливать окуляр в удобное для наблюдателя положение.

Обе оси монтировки снабжены стопорными винтами, которые закрепляют телескоп после того, как он наведен на объект. Микрометренные винты служат для тонкой наводки инструмента.

На слабые объекты, невидимые в искатель, телескоп наводится по координатным кругам. Правда, чтобы пользоваться кругом часовых углов, наблюдатель должен разбираться в некоторых вопросах практической астрономии и знать звездное время в момент наблюдения. Но можно посту-



Принадлежности к телескопу

пать, как поступал автор заметки во время полевых испытаний телескопа. Инструмент точно устанавливался по склонению объекта и закреплялся на оси склонений. Полярная ось была откреплена. Направив телескоп приблизительно в тот район неба, где находится объект, и слегка покачивая трубу вокруг полярной оси, добиваемся, чтобы объект попал в поле зрения телескопа. Августовской ночью 1982 года, когда невооруженным глазом были видны звезды лишь до 5-й величины, автор таким способом легко нашел галактику М 33 в созвездии Треугольника и Крабовидную туманность (М 1), которые были видны в телескоп как едва различимые бесформенные пятна.

Полевые испытания показали, что разрешение телескопа соответствует теоретическому 1,3''. Высокая разрешающая способность и высокий контраст изображения позволяют с успехом наблюдать многие детали на поверхностях планет. В начале мая 1982 года автор наблюдал на поверхности Марса «моря», хотя видимые размеры планеты в этот момент не превышали 13''. Для на-

блюдений Луны и планет в комплекте телескопа имеются светофильтры — красный, желтый, зеленый, голубой, 4-кратный серый («лунный») и «черный» («солнечный»).

Можно наблюдать Солнце, проецируя его изображение на экран. Экран устанавливается на оси склонений с таким расчетом, чтобы изображение падало на лист бумаги, который прикрепляется к экрану с помощью металлических лапок. Но если нужно рассмотреть в деталях строение пятна, его полутени, факельных полей, а при хорошем состоянии атмосферы и грануляцию, наблюдать следует в окуляр с солнечным фильтром. Главное зеркало телескопа собирает слишком много солнечного света, поэтому фильтр, перегревшись, может лопнуть, если на верхний конец трубы не надеть 50-миллиметровую диафрагму.

Несмотря на относительно скромный размер зеркала, «Мицар» показывает в шаровом звездном скоплении М 13 не только «звездный туман», который виден в большинстве телескопов такого размера, но и десяток — полтора десятка звезд-гигантов. Проницающая сила телескопа 12^м. Всех, кто уже наблюдал в телескоп, поражаает хорошее качество изо-

бражения. Оно определяется прежде всего выбором оптической системы, свободной от хроматизма и сферической аберрации.

На телескопе «Мицар» возможны фотографические наблюдения небесных объектов. На оси склонений со стороны противовеса на специальной площадке крепится любая малоформатная фотокамера. Те-

лескоп в этом случае служит гидом, для чего в поле зрения 15-миллиметрового окуляра устанавливается перекрестие нитей. На площадке могут крепиться аппараты «Зенит» со своими штатными объективами, а также с широкоугольными и длиннофокусными объективами типа «Мир-1», «Юпитер-9», «Таир-11», «Юпитер-11», «Юпитер-6».

Многих читателей журнала интересует, где можно купить «Мицар». Телескоп поступил в магазины Роскультавтора в начале 1984 года. Цена телескопа 250 рублей. С заявками на телескоп «Мицар» и «Алькор» следует обращаться на местные базы Роскультавтора и Посылторга.





Выбор параметров и расчет оптики телескопов Кассегрена и Грегори

Известно замечательное свойство эллипсоида: если из одного фокуса эллипсоида направить пучок расходящихся лучей, то после отражения от «стенок» все они без исключения соберутся во втором фокусе. Это значит, что изображение первого фокуса не искажается аберрациями во втором. Если же расстояние между фокусами менять, то будет меняться и сплюснутость эллипсоида. Отношение расстояния между фокусами эллипсоида к его большой оси называется **эксцентриситетом** (он и характеризует сплюснутость фигуры). Когда расстояние между фокусами становится равным нулю, эллипсоид превращается в **сферу**, центр которой — это ее фокус.

Увеличив расстояние между фокусами до бесконечности, мы получим **параболоид** с

Математические поверхности, используемые в астрономической оптике

Любой луч, падающий на параболоид из бесконечности параллельно оси, придет во второй фокус параболоида, образуя здесь безаберрационное изображение точки, лежащей в бесконечности.

Гиперболоид также имеет два фокуса, и изображение точки в этих фокусах получается тоже без искажений. Этими качествами рассмотренных поверхностей мы и воспользуемся в дальнейшем.

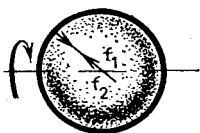
В 1663 году шотландский математик Джон Грегори предложил оптическую систему, состоящую из двух вогнутых зеркал. Малое (вторичное) зеркало телескопа действует примерно так же, как и окулярная камера, оно увеличивает фокусное расстояние главного зеркала в 3—5 раз. Масштаб изображения возрастает, а относительное отверстие пропорционально уменьшается.

В 1872 году французский скульптор и художник Гийом

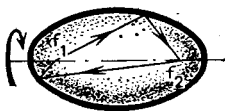
Кассегрен заменил малое вогнутое зеркало Грегори на выпуклое. Назначение этого зеркала то же, что и у системы Грегори, но оно действует подобно линзе Барлоу (Земля и Вселенная, 1984, № 3, с. 108.— Ред.).

Главное зеркало в обеих системах имеет форму параболоида и дает в фокусе стигматическое (точечное) изображение звезды. Чтобы это изображение перенести без аберраций в другую точку оси, в телескопе системы Грегори применяется **эллипсоид**, а в системе Кассегрена — **гиперболоид**. Один из геометрических фокусов этих поверхностей совмещается с фокусом главного зеркала (F_0), а второй становится эквивалентным фокусом системы ($F_{\text{экв}}$).

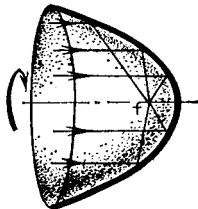
У телескопа системы Грегори есть два преимущества перед кассегреновским. Во-первых, его вторичное зеркало — это вогнутый эллипсоид, изготовление и испытание которого зна-



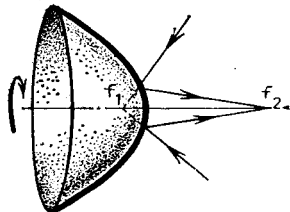
Сфера



Эллипсоид

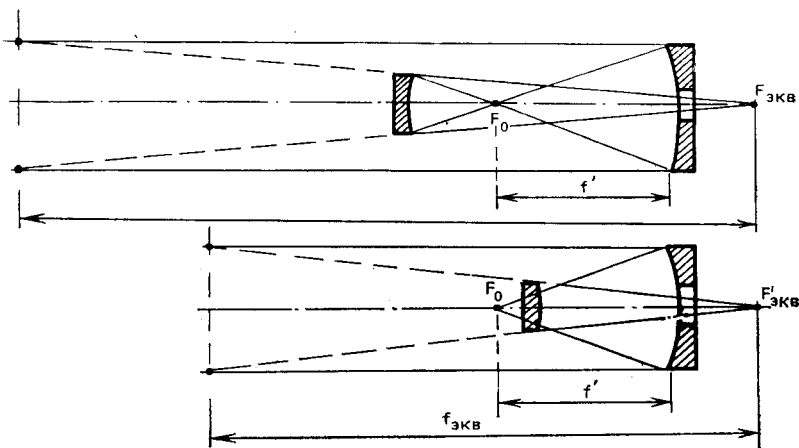


Параболоид



Гиперболоид

Главные (f')
и эквивалентные ($f'_{\text{экв}}$)
фокусные расстояния
телескопов
Грегори (вверху)
и Кассегрена



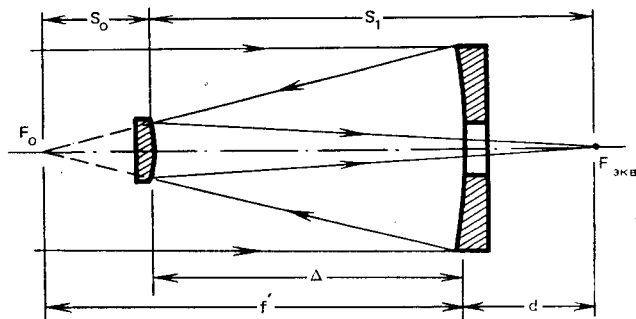
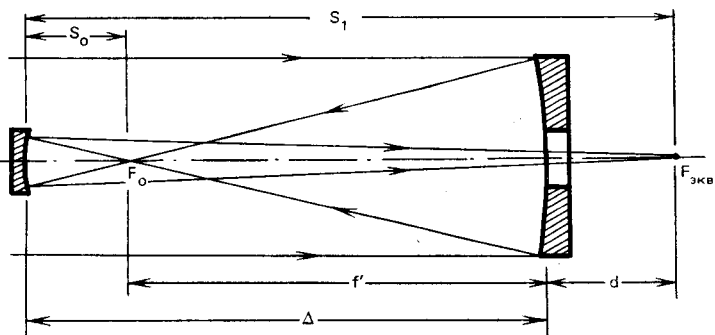
чительно проще гиперболического и даже плоского диагонального зеркала для телескопа Ньютона. (В этом смысле сделать оптику для грегорианского телескопа даже проще, чем для ньютоновского.) Во-вторых, телескоп Грегори дает прямое, а не перевернутое изображение и удобен для наблюдений не только небесных, но и земных объектов. В то же время при одинаковых диаметрах главных зеркал телескоп Кассегрена примерно в 1,5 раза короче телескопа системы Грегори. Правда, габариты телескопов можно уравнивать, если «грегорианское» главное зеркало сделать в 1,5 раза более короткофокусным. Обе системы свободны от сфериче-

ской aberrации, но как и ньютоновская имеют кому. Как показал Д. Д. Максудов, кома этих телескопов точно равна коме телескопа системы Ньютона при условии, если их относительные отверстия равны.

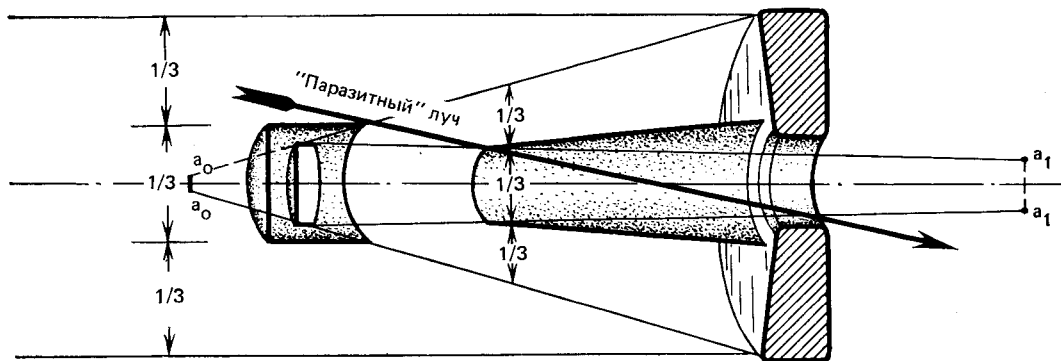
В обоих телескопах увеличение на вторичном зеркале равно $M = S_1/S_0$. Если вынос эквивалентного фокуса за главное

зеркало (d) равен нулю, то астигматизм грегорианского и кассегреновского зеркал в M раз больше эквивалентного ньютоновского. С ростом увеличения на вторичном зеркале растет и кривизна поля.

Отношение $\alpha = f'/S_0$ называется фактором положения вторичного зеркала. Здесь f' — фокусное расстояние главного



Оптические схемы
телескопов системы Грегори
(вверху) и системы
Кассегрена. S_0 — расстояние
от вершины вторичного
зеркала до фокуса главного;
 S_1 — расстояние от вершины
вторичного зеркала до
эквивалентного фокуса;
 f' — фокусное расстояние
главного зеркала;
 d — вынос эквивалентного
фокуса за вершину
главного зеркала;
 Δ — расстояние между
зеркалами



Графический расчет размеров бленд. Бленды не должны экранировать пучок света более чем на $1/3$ диаметра, а «паразитный» луч не должен попадать в пределы поля

зеркала, S_0 — расстояние от вершины вторичного зеркала до фокуса главного. Чем меньше расстояние между зеркалами (при прочих равных условиях), тем меньше эквивалентное фокусное расстояние. Обычно α выбирается равным 4.

Радиус кривизны вторичного зеркала (без учета правила знаков) легко определить по соответствующей формуле:

$$R_2 = \frac{2 \cdot S_0 \cdot S_1}{S_0 + S_1}$$

(система Грегори) или

$$R_2 = \frac{2 \cdot S_0 \cdot S_1}{S_0 - S_1}$$

(система Кассегрена).

Эквивалентное фокусное расстояние системы равно:

$$f'_{\text{экв}} = M \cdot f'.$$

Рассмотрим конкретный пример расчета телескопа системы Кассегрена, помня, что и грегорианский телескоп рассчитывается аналогично. Пусть у нас есть 250-миллиметровая заготовка для главного зеркала. Предположим, что мы можем сделать зеркало с относитель-

ным отверстием $1/4$. Тогда фокусное расстояние главного зеркала $f' = 4 \cdot 250 = 1000$ мм, а его радиус кривизны $R_0 = 2000$ мм. Возьмем $\alpha = 4$. Значит, расстояние от вершины вторичного зеркала до главного фокуса равно $S_0 = 250$ мм, а расстояние между зеркалами $\Delta = 1000 - 250 = 750$ мм. Теперь допустим, что нам удобно вывести эквивалентный фокус за вершину главного зеркала на $d = 260$ мм. Тогда $S_1 = 750 + 260 = 1010$ мм, а $M = 4,04$. Фокусное расстояние системы $f_{\text{экв}} = 4,04 \cdot 1000 = 4040$ мм.

Найдем теперь радиус вторичного зеркала:

$$R_2 = \frac{2 \cdot 250 \cdot 1010}{250 - 1010} = 664,5 \text{ мм.}$$

Ошибка в вычислении этого радиуса может привести к крупной неприятности, поэтому проверим наши расчеты по другой известной формуле:

$$R_2 = \frac{R_1}{\alpha \left(1 - \frac{1}{M}\right)} = \frac{2000}{4 \cdot \left(1 - \frac{1}{4,04}\right)} = 664,5 \text{ мм.}$$

Очевидно, что $f_2 = R_2/2$.

Диаметр вторичного зеркала определяется величиной α

и равен $D_2 = D_0/\alpha$, где D_0 — диаметр главного зеркала. В нашем случае $D_2 = 62,5$ мм, но лучше взять диаметр вторичного зеркала на 10—20% больше. Точные размеры можно установить, вычертив схему телескопа в масштабе $1/2$ или $1/1$ и нанеся на ней лучи, идущие от краев главного зеркала к краям поля зрения в фокусе главного зеркала. Обычно диаметр поля зрения кассегренновского телескопа не более $40'$. Умножив фокусное расстояние главного зеркала на $\tan 40'$, получим диаметр линейного поля в главном фокусе: $D_{\text{поля}} = 1000 \cdot 0,01164 = 11,6$ мм. Прорезав то же самое для кассегренновского фокуса, получим диаметр поля в кассегренновском фокусе, равным 47,0 мм. Падение освещенности на краю поля от срезания крайних лучей вторичным зеркалом (виньетирование) так мало, что практически можно брать диаметр вторичного зеркала в нашем случае от 65 до 71 мм (но не менее 62,5 мм).

Кроме полезного света, отраженного зеркалами, в отверстие главного зеркала попадают посторонние лучи от соседних участков неба. Для срезания этих «паразитных» лучей телескопы Кассегрена и Грегори снабжаются внутренними блен-

дами, которые называют отсекателями. Одна блenda (обычно цилиндрическая) устанавливается вокруг вторичного зер-

кала, вторая (коническая) у отверстия в главном зеркале. Обе бленды не должны экраниро-

вать более $1/3$ пучка света в любом сечении.

Продолжение следует

Крупнейшие любительские телескопы мира

Наиболее грандиозным любительским телескопом последних 20 лет остается 1-метровый телескоп системы Ньютона—Кассегрена народной обсерватории города Ческе-Будеевице (ЧССР). (Напомним читателям, что переход от системы Ньютона к системе Кассегрена осуществляется сменой вторичных зеркал. В системе Ньютона — это плоское диагональное зеркало, в системе Кассегрена — выпуклое гиперболическое). Телескоп построили любители астрономии братья Вилем и Йозеф Эрхартовы. Рефлектор установлен в 17 километрах от города на горе Клеть. На той же монтировке сначала были установлены 500-миллиметровый рефлектор Кассегрена и менисковая камера Максудова диаметром 400 мм. Позже была установлена 625-миллиметровая камера Максудова.

Зеркала для своих телескопов Эрхартовы прессовали и отжигали в самодельных печах. С тыльной стороны, зеркала — ребристые (толщина ребер от 1 до 2 см). Подобная конструкция позволила сделать зеркала необычно легкими и в то же время достаточно жесткими.

В 1986 году стало известно, что Пол Джонс (США) приступил к обработке 1,2-метрового зеркала с относительным отверстием $1/1,8$. Такое короткофокусное зеркало — единственная возможность построить механику телескопа в любительских условиях. Инструмент будет иметь кассегреновский фокус с относительным отверстием $1/12$. Обычно такая

1-метровый телескоп системы Ньютона — Кассегрена, построенный братьями Вилемом и Йозефом Эрхартовыми (ЧССР)

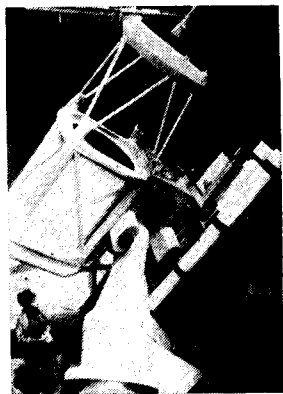
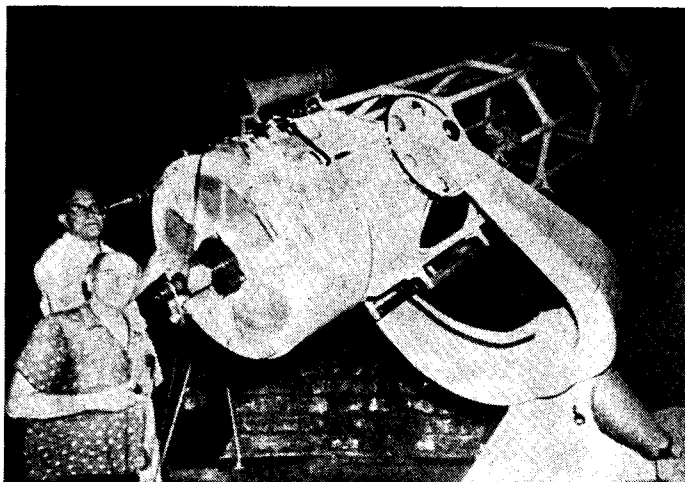
76-сантиметровый телескоп системы Ньютона — Кассегрена, построенный в 1963 году группой энтузиастов из любительской обсерватории Стоун Ридж (США)

1,2-метровая заготовка зеркала весит около полутонны и стоит от 50 до 100 тыс. долларов. Как и братья Эрхартовы, Джонс сделал заготовку ребристой. После обработки она стала весить чуть больше 100 кг.

Но это еще не предел! Совместно с Эндрю Оделлом Джонс сделал еще одну заготовку — диаметром 2,6 метра!

К сожалению, не сообщается, как получена такая заготовка: склеиванием, как это делал в начале века Г. Ричи, или свариванием с последующим отжигом, как это перед войной делал Н. Г. Пономарев.

(По материалам зарубежной печати)





Моя обсерватория

Еще в школе у меня появилась мечта: построить свою обсерваторию. Шли годы, а увлечение астрономией оставалось. Сейчас я слесарь 6-го разряда, работаю на вильнюсском заводе счетных машин имени В. И. Ленина. И вот в 1979 году я наконец приступил к осуществлению мечты — строительству обсерватории. Она расположена в деревне, в 25 км от Вильнюса.

Два года ушло на то, чтобы построить небольшой домик, установить там оборудование. Очень помог мне в этом мой друг Казимир Чернис. Теперь он астроном-профессионал, первооткрыватель двух новых комет (Земля и Вселенная, 1987, № 2, с. 17.—*Ред.*). С наружной стороны деревянные стены своей обсерватории я обшил двойным слоем рубероида, с внутренней — пресованным картоном. Стены, пол и потолок утеплил слоем стекловаты. На первом этаже обсерватории находится комната для подготовки к пред-

стоящим наблюдениям и отдыха после них. Из коридора по лестнице можно подняться на второй этаж. Здесь, на кирпичном столбе, установлен телескоп-астрограф с объективом «Уран-12». Чтобы вибрация пола не отражалась на работе телескопа, между столбом и полом сделан зазор, заполненный поролоном. Основание столба упирается в большой камень, врытый в землю. Крыша над телескопом раздвигается, что дает возможность наблюдать любой участок неба. Здесь же имеется еще один небольшой люк с раскрывающейся крышей. В нем при желании можно установить переносной кометоискатель.

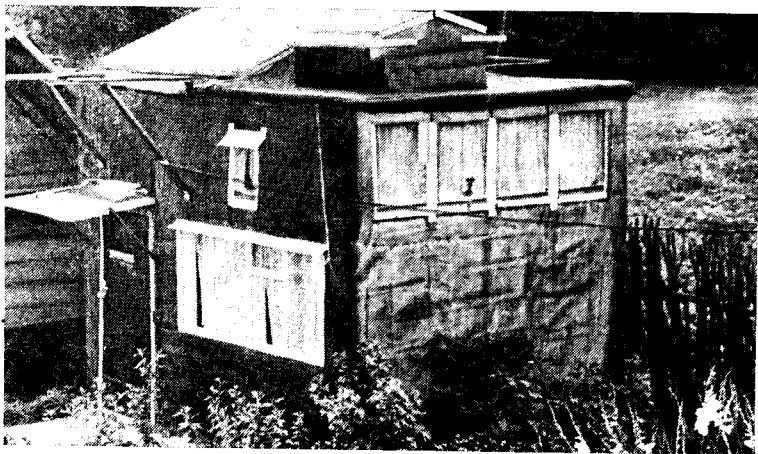
Основной инструмент обсерватории — 200-миллиметровый астрограф с просветленной оптикой. Объектив «Уран-12» чрезвычайно светосилен (светосила 1:2,5), поэтому, из-за сферической и хроматической аберраций, вокруг ярких звезд на снимках видны ореолы. Съемка производится на фотопластинки размером 95×12 см, поле на них — $10^\circ 35' \times 13^\circ 8'$, так что с таким объективом вполне можно проводить поиски новых комет фототрафическим методом. Этот астрограф имеет гид диаметром 75 мм и фокусным расстоянием 600 мм. Перед окуляром гида помещена плоскопарал-

лельная пластинка с делениями. Пластинка подсвечивается маленькой пальцевой 6-ваттной лампочкой, которая питается от плоской батарейки. Освещение поля зрения гида можно регулировать реостатом. Есть у астрографа и искатель (диаметр его 30 мм, увеличение $8\times$).

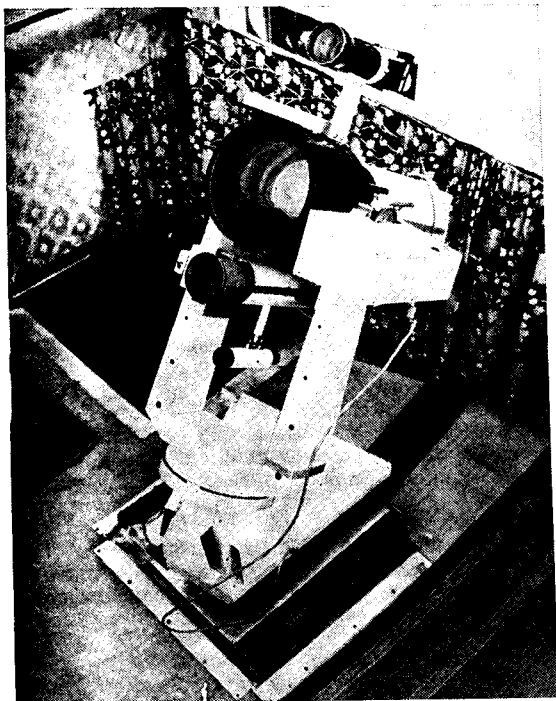
Фокусировку астрографа я выполняю методом Фуко.

После того, как резкость наведена, кассета вынимается и пластинка с ножом Фуко заменяется обычной фотопластинкой, а отверстие закрывается крышкой.

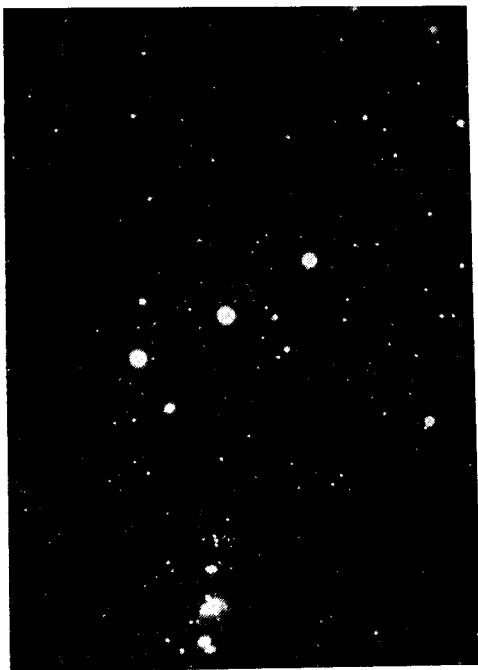
Астрограф снабжен кругами склонений и часовым механизмом. Чтобы навести телескоп по прямому восхождению, достаточно повернуть его рукой. Никакой фиксации положения трубы не требуется, так как телескоп хорошо отбалансирован. Ведение по полярной оси работает так, что оно несколько опережает движение звезды в поле зрения окуляра. Если звезда во время гидирования начнет сходить с перекрестия нитей, я выключаю на 0,5—1 секунду часовой механизм и как только звезда снова попадает в центр включаю его опять. Отключать двигатель приходится через каждые 10—15 секунд. На дистанционном пульте управления телескопом предусмотрены клавиши для коррекции



Так выглядит домашняя обсерватория



200-миллиметровый астрограф,
на котором ведутся
наблюдения



Снимки, полученные
на 200-миллиметровом
астрографе.

Вверху: яркие звезды
в поясе Ориона.

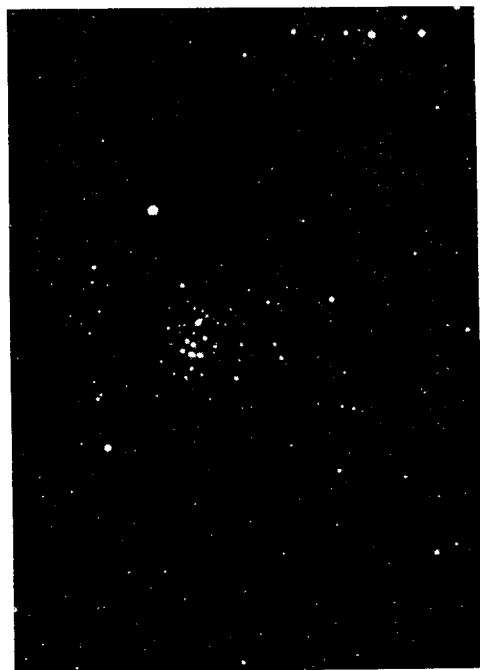
Внизу: рассеянное звездное
скопление в созвездии Рака

движения инструмента по обеим осям. Чтобы не терять пульт в темноте во время наблюдений, я сделал для него подсветку красным светодиодом.

Корпус часового механизма, вилка, шестерни редуктора выполнены из стали и покрыты гальваническим методом антикоррозийным составом.

Теперь, когда моя мечта осуществилась, я пришел к выводу, что многие любители астрономии, особенно живущие в сельской местности, могут соорудить такую же обсерваторию. А я могу помочь им советом, поделиться опытом. Мой адрес: 232051, Литовская ССР, г. Вильнюс, ул. Маршала Крылова, д. 36, кв. 5.

Г. А. СЕЛЕВИЧ





Обработка главного зеркала телескопов Грегори и Кассегрена

Обработка главного параболического зеркала в обоих телескопах ничем не отличается от обдирки и шлифовки обычного ньютоновского зеркала. Но есть одно обстоятельство, которое несколько усложняет задачу. Дело в том, что эти зеркала имеют в центре отверстие, через которое лучи, отраженные вторичным зеркалом, попадают в окуляр (Земля и Вселенная, 1987, № 4, с. 68.—Ред.). Такое отверстие сверлится перед тонкой шлифовкой, а еще лучше перед первой грубой обдиркой, дабы избежать деформации поверхности зеркала.

Отверстие вырезается с помощью трубчатого сверла, имеющего наружный диаметр, равный диаметру самого отверстия (толщина стенок сверла 1—2 мм). Чтобы инструмент не смещался во время работы, к поверхности зеркала полировочной смолой приклеивается выточенное из металла (или другого плотно-го материала) кольцо, диаметр которого на 1 мм больше наружного диаметра сверла. С противоположной стороны заготовки тоже смолой приклеивается кусок стекла или металла. Он предохранит заготовку от сильных сколов при выходе сверла из заготовки.

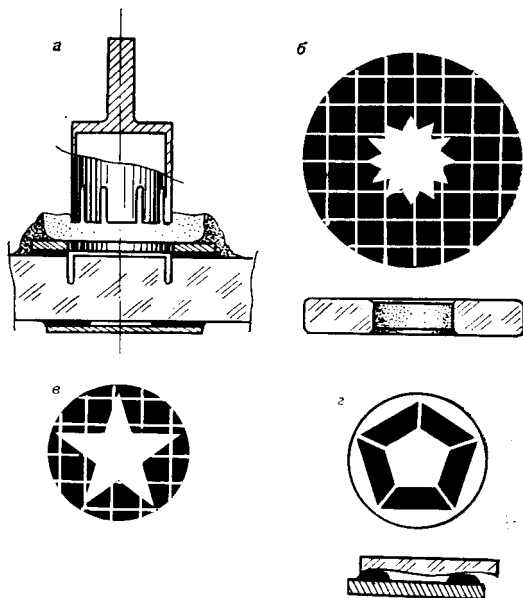
Вокруг будущего отверстия надо сделать бортик из пластилина высотой около 1 см. Внутри бортика наливается немного воды и добавляется несколько граммов крупного абразива. Если к ручному сверлу сверху каким-либо образом прикрепить груз в 4—5 кг, то за 1 час работы сверло проходит 5—10 мм. Если же использовать сверлильный станок, то время обработки существенно сократится, но в таком режиме стекло может разогреться и лопнуть. Поэтому каждые 5—10 секунд сверло надо немного приподнимать, не останавливая станка. Вода охлаждает стекло и заодно хорошо перемешивает абразив, так что в ка-

навку все время попадает новая порция порошка, а отработанный вымывается. Больших скоростей сверления применять не стоит.

После окончания работы получившуюся стеклянную «пробку» нужно вернуть на место, вклеив ее в отверстие с помощью гипса. Для этого разведенный до густоты сметаны гипс

Инструменты, необходимые для обработки
зеркал

телескопов Грегори и Кассегрена:
а — трубчатое сверло для вырезания
центрального отверстия; б — полировальник
для зеркала с отверстием в середине;
в — быстроработающий полировальник;
г — полировальник для ретуши
кассегреновского вторичного зеркала



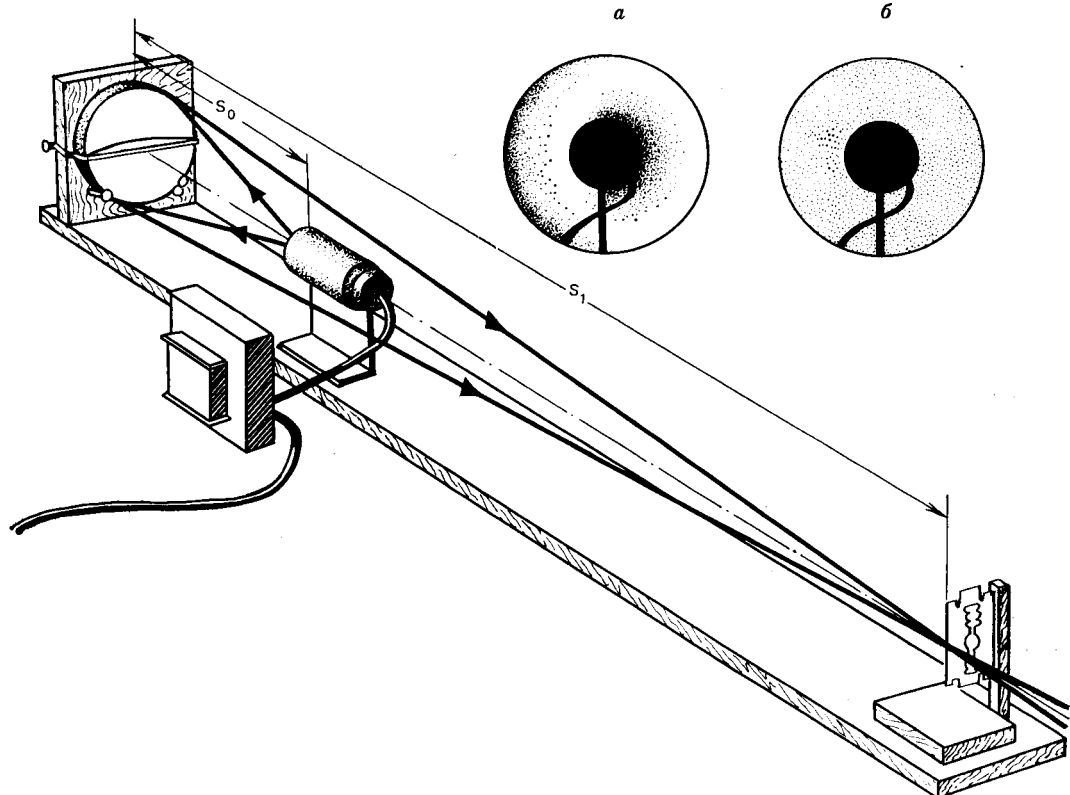


Схема для испытания вторичного грегорианского зеркала. а — картина «подвернутого края»; б — «плоский рельеф»

заливается в канавку. Шлифовку зеркала можно начинать только после того, как гипс затвердеет. Окончив полировку и фигуризацию зеркала, из канавки с помощью заточенного металлического стерженька гипс удаляют.

Иногда поступают иначе. Отверстие сверлят с тыльной стороны зеркала, но не до конца, а не доходя до лицевой поверхности 2—3 мм. И лишь после завершения всех работ отверстие досверливается, но теперь уже с лицевой стороны.

Можно обрабатывать зеркало и без «пробки», но тогда для предотвращения «завала» на краю отверстия с полировальника удаляют смолу так, чтобы образовался круг размером с отверстие. Полировка в этом случае требует некоторого искусства.

Испытывается главное зеркало методом Фуко по зонам.

Заготовку для вторичного зеркала можно вырезать из оконного стекла. Толщина его, например, для 50-миллиметрового зеркала должна быть не менее 4—5 мм. Грубая обработка и шлифовка вторичного зеркала выполняется вручную, на машине или на вертикальном шпинделе для шлифовки мелких линз. Полировку лучше проводить на небольших скоростях на шлифовальной машине, можно и вручную. Асферичность кассегреневских вторичных зеркал довольно велика, и, кроме того, она распределена на малой площади. Поэтому обычный способ фигуризации с выдавливанием на полировальнике звезды может оказаться недостаточно эффективным. Нужно быть готовым к более жестким способам фигуризации, например с помощью смяляного кольца. Это кольцо располагается между зоной 0,5—0,85% от радиуса полиро-

вальника. Его края лучше сделать зазубренными.

Вспомним, что вторичное зеркало телескопа Грегори — эллипсоид, один из фокусов которого совпадает с фокусом главного параболического зеркала, а второй расположен в фокусе системы. Так как безабберационное изображение в фокусе главного зеркала должно остаться неспорченным абберациями, то вторичное зеркало при испытаниях из двух его геометрических фокусов должно показывать «плоский рельеф».

Для испытаний соберем несложную схему. В фокусе, расположенном ближе к зеркалу, установим источник света (светящаяся точка или щель), а во втором фокусе — нож или решетку Ронки. Расстояния от зеркала до фокусов должны точно соответствовать отрезкам S_0 и S_1 (Земля и Вселенная, 1987, № 4, с. 68.— Ред.), то есть расстояниям фокуса главного зеркала телескопа и эффективного фокуса всей системы от поверхности вторичного зеркала. Нужно проследить за тем, чтобы центр зеркала, источник и нож располагались на одной оси. Само изображение приводится на нож поворотами зеркала. В этом случае вся система останется отъюстированной, и абберации, вызываемые разъюстировкой, не возникнут и не будут мешать испытаниям.



(Sky and Telescope, 1976, 52, 2)

В собранной схеме сферическое зеркало покажет «подвернутый край». Это происходит от того, что сфера не переносит изображение из этих точек без аббераций. Наша задача — углубить центральную зону пока не появится картина «плоского рельефа». В этом случае изображение из первого фокуса во второй перенесется без аббераций, и, значит, зеркало стало эллипсоидальным.

Для получения эллипсоидальной формы зеркала воспользуемся полировальником с выдавленной звездой. К счастью, асферичность эллиптического грегорианского зеркала невелика (меньше, чем у параболического), и его фигуризация не должна вызывать особых трудностей.

А. Н. ЛЕВЕНЦОВ

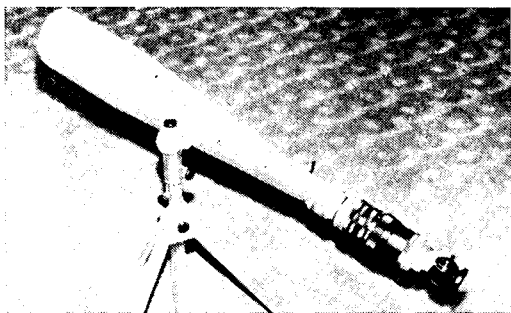


Фотографический конвертер в любительском телескопе

Журнал «Земля и Вселенная» уже дважды писал о применении отрицательной линзы Барлоу для увеличения эквивалентного расстояния оптической системы телескопа (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 73; 1984, № 3, с. 109). В книге Л. Л. Сикорука «Телескопы для любителей астрономии» даны рекомендации по расчету и изготовлению линзы Барлоу, по определению ее места на оптической оси и описаны преимущества отрицательной линзы.

К сожалению, изготовить линзу Барлоу в любительских условиях — задача хотя и увлекательная, но не простая. В качестве готовой отрицательной линзы можно использовать имеющийся в продаже конвертер К-1 МС «Вега», предназначенный для двухкратного увеличения фокусного расстояния объективов малоформатных фотокамер.

Оптика конвертера исключительно высокого качества, а цена вполне доступна любителю



Телескоп с конвертером

астрономии. Еще одно преимущество конвертера — для сборки конструкции желательной длины можно использовать удлинительные кольца «Зенит». Они легки, точны, а внутренняя часть их тщательно зачернена. Труба, составленная из таких колец, получается весьма жесткой. И конвертер, и кольца в любой момент могут использоваться и по своему прямому назначению в фотографической практике.

Неплохой телескоп для начинающего любителя может быть собран на основе зрительной трубы ЗРТ-457, которая имеется в продаже. При этом удлинительные кольца и конвертер устанавливаются вместо корпуса с призмами, для чего нужно развинтить фокусировочный маховичок, предварительно ослабив часовой отверткой три стопорных винта. Затем из направляющей трубки выворачивается поперечный соединительный винт, а сама

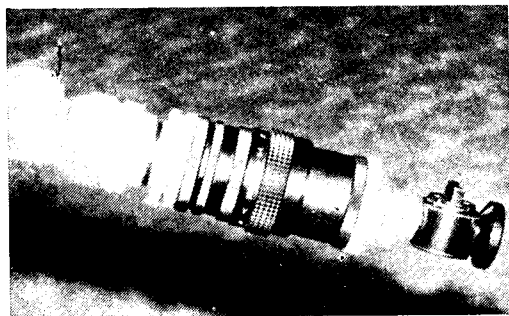
трубка вывертывается из корпуса призм с помощью простого приспособления, представляющего собой маховичок с «юбкой» диаметром 28 мм, насаживаемой на трубку. Окуляр легко выворачивается из корпуса.

Далее изготавливаются два полых переходника-кольца. Внутренняя резьба переднего из них для ввертывания направляющей трубки имеет размер М26×0,75, наружная — М42×1. Расстояние между опорными торцами — 15—20 мм. Размер внутренней резьбы заднего переходника для ввертывания окуляра — М17,5×0,5. Расстояние между опорными торцами — 20—25 мм. Лучшим материалом для переходников можно считать дюралюминий Д1 или Д16. Внутреннюю их поверхность необходимо тщательно зачернить прочной матовой краской.

Сборка телескопа производится в порядке, обратном разборке, что позволяет использовать заводское фокусировочное устройство. Без конвертера его длина компенсируется удлинительными кольцами. Этот конвертер испытывался на зрительной трубе ЗРТ-457. Вместо части колец конвертер можно установить непосредственно на задний переходник, тогда эквивалентное фокусное расстояние системы возрастает вдвое, а максимальное увеличение достигнет 120× (при фокусном расстоянии окуляра 7,5 мм). Для 70-миллиметрового рефрактора такое увеличение даже чрезмерно и с ним удобно наблюдать только особо контрастные объекты: кратеры на лунном терминаторе, двойные яркие звезды. Основная программа наблюдений выполнялась с конвертером при увеличении 60× (фокусное расстояние окуляра — 15 мм). При этом увеличении легко различаются полосы на Юпитере, разрешаются Ригель, трапеция Ориона, γ Андромеды и другие звездные пары, доступные 70—80-миллиметровому рефрактору.

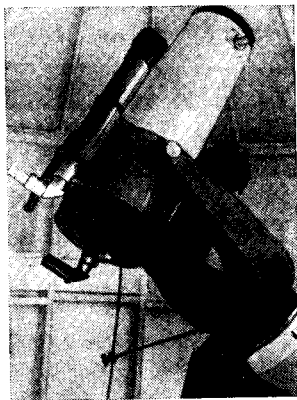
Важное преимущество телескопа, изготовленного из ЗРТ-457, — возможность переключать окуляр на различные увеличения прямо в процессе наблюдений, причем без потери фокусировки. При меньшем увеличении облегчается наведение на объект. Конвертер с успехом можно применить и в телескопах, построенных на основе зрительной трубы ЗРТ-460, а также телеобъективов типа «МТО», «ЗМ», «Таир». Имеет смысл применять конвертер и в самодельных любительских рефлекторах — это проще, чем использование короткофокусных окуляров.

Окулярная часть телескопа



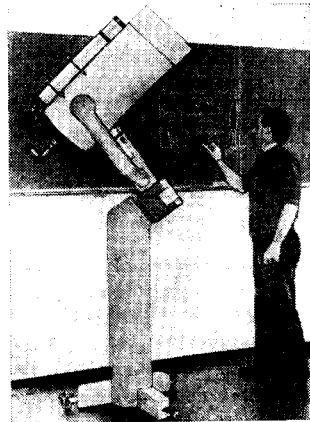
Зарубежные любительские телескопы Максутова и Шмидта — Кассегрена

Популярность менисковых телескопов Д. Д. Максутова так велика, что, например, в США существует даже общенациональный «Максутов-клуб», занятый пропагандой идей нашего знаменитого соотечественника. Особенно много для этого сделал Джон Грегори, рассчитавший два варианта менискового «кассегрена» с относительными отверстиями 1:15 и 1:23. Налажен промышленный выпуск заготовок менисков, так что грубая обработка, то есть самая неприятная часть работы, отнимающая массу времени, теперь не нужна. Сам Грегори построил великолепный 207-миллиметровый менисковый телескоп с фокусом, выведенным в полярную ось. Вообще любители здесь строят менисковые телескопы диаметром до 300 мм. Но все же непревзойденными чемпионами остаются братья Эрхартов (Земля и Вселенная, 1987, № 4, с. 71.— *Ред.*). Они создали несколько менисковых «кассегренов» и камер с диаметрами от 120 до 625 мм!



280-мм телескоп Максутова — Ньютона — Кассегрена, построенный Г. Лаутом (США)

Чрезвычайно популярны за рубежом также и телескопы Шмидта — Кассегрена, особенно те конструкции, которые предложил выдающийся оптик Джеймс Бэйкер. Эти телескопы настолько совершенны, что на поле диаметром 2° видны дифракционные изображения! Первоначально Бэйкер к обычной камере Шмидта добавил выпуклое зеркало, чтобы выпрямить искривленное поле зрения. Таким образом получилась камера, практически



320-мм телескоп системы Шмидта — Кассегрена, построенный Л. Нийборгом (Нидерланды)

совершенно свободная от любых аберраций третьего порядка. Позже зеркало установили на корректоре Шмидта, и инструмент стал очень компактным. Любители строят «шмидты-кассегрены» диаметром до 300 мм. Надо сказать, сооружение телескопа Шмидта — Кассегрена считается среди любителей «высшим пилотажем».

По материалам зарубежной печати

Графический метод проверки качества параболического зеркала

Кандидат
технических наук
А. Т. ВОРОНИН

Наилучшая форма главного зеркала любительского телескопа, построенного по схеме Ньютона — параболоид вращения. Реальная форма зеркала всегда отличается от идеального параболоида. Величина допустимого отклонения истинного профиля поверхности зеркала от идеального параболоида определяется критерием Рэлея и составляет величину, равную $\lambda/8$, где λ — длина волны видимого света (обычно принимают $\lambda = 0,55$ мкм). Прямое измерение столь малых величин недоступно любителю. Рассмотрим метод приближенного расчета истинного профиля поверхности зеркала по продольным абберациям зон, измеренных методом Фуко. Метод Фуко в модификации

Д. Д. МаксUTOва («Теневые методы исследования оптических систем», 1934, вып. XXIII, «Проблемы новейшей физики») хорошо известен любителям, и мы лишь напомним его. В центре кривизны зеркала с фокусным расстоянием f (то есть на расстоянии $2f$ от зеркала) располагаются светящаяся щель и параллельный щели нож, закрепленные на одной площадке, которая может пе-

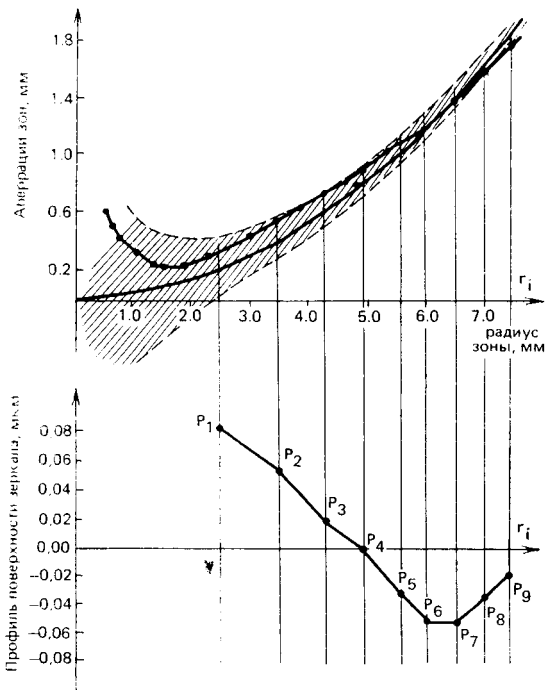
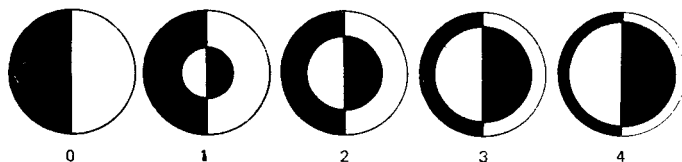
редвигаться вдоль оптической оси. Обычно прижимают пружинной подвижную площадку, несущую нож и щель, к подвижному стержню микрометра, чем достигается плавность движения и высокая точность измерения продольных смещений.

Статья обобщает графический подход Милльес-Лакруа [Sky and Telescope, 1976] и численный метод Холлермана [Sky and Telescope, 1982] в единый процесс обработки результатов измерений продольных аббераций в теневом методе Фуко. Методика изготовления короткофокусных параболических зеркал проверена на практике (при изготовлении зеркал диаметром 300 и 450 мм с относительным отверствием 1 : 4).

Если посмотреть из-за края ножа на зеркало, то мы увидим теневую картину, отражающую отклонение истинной формы поверхности зеркала от параболоида. Теневая картина может быть более сложной, если зеркало далеко от параболоида. Радиус зоны, от-

деляющей свет от тени, обозначим r . Щель и нож находятся в фокусе зоны радиуса r . Величину смещения щели и ножа от центра кривизны зеркала назовем **продольной абберацией зоны r** и обозначим x . Эту величину необходимо измерять с точностью до 2—10 мкм, а соответствующий радиус зоны r — с точностью 1—2 мм. x измеряется микрометром, а r — с помощью линейки. Для небольшого зеркала достаточно взять алюминиевую линейку, загнуть ее края и, вырезав зубцы через 5 мм, повесить линейку на зеркало.

Для измерения продольных аббераций зеркала автор пользуется **методом равных смещений ножа и щели** вдоль оптической оси. Метод позволяет наиболее точно измерить краевые зоны зеркала и уменьшить влияние систематических и случайных ошибок, обусловленных наличием люфта. Вначале подвижная площадка приближается к зеркалу так, чтобы теневая картина состояла из светлого и темного полукругов. Далее с помощью микрометра нож и щель смещаются на величину Δx в направлении от зеркала; изме-



Теневые картины для четырех положений подвижной площадки и соответствующий им график продольных aberrаций (для зеркала, близкого к параболоиду)

Вверху: построение истинного профиля поверхности зеркала. Пунктирная линия — граница коридора допустимых погрешностей продольной aberrации; жирная линия — идеальная кривая aberrации; линия с точками — реальная кривая продольной aberrации. На представленном графике она не выходит за пределы коридора допустимых погрешностей

Внизу: построение профиля поверхности зеркала. Все значения P_i лежат в пределах от 0,08 до -0,08 мм (то есть от $\lambda/12$ до $-\lambda/12$), что удовлетворяет критерию Рэлея

руется r — радиус границы света и тени на теневой картине. Все измерения наносятся на график. Как правило, Δx составляет величину 0,1—0,2 мм и «выставляется» по микрометру с точностью 2—10 мкм. Если зеркало имеет форму, далекую от параболоида, то граница света и тени может быть несколько. Все они измеряются и наносятся на график.

ПРОВЕРКА КАЧЕСТВА ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ЗЕРКАЛА

Пусть нам необходимо изготовить зеркало диаметром

$D=150$ мм и фокусным расстоянием $f=750$ мм. Для начала построим график продольных aberrаций идеального параболоида, как это рекомендует делать Миллес-Лакруа в работе «Графический подход к методу Фуко». По вертикальной оси откладываем x с шагом $\Delta x=0,2$ мм и вычисляем радиус зоны по формуле

$$r = 2\sqrt{fx}. \quad (1)$$

Откладываем его по горизонтальной оси. Для удобства лучше x увеличить в 40 раз,

а r откладывать в масштабе 1:1. Все величины (представленные в мм) заносятся в таблицу и строится график зависимости продольных aberrаций x от радиуса зоны r .

Теперь вычислим допустимую погрешность aberrаций реального зеркала, исходя из критерия Данжона-Куде: изображение звезды в фокальной плоскости телескопа, построенное на основе положений геометрической оптики для реального зеркала, не должно превышать дифракционного круга Эри для идеального зер-

ВЫЧИСЛЕНИЕ ИСТИННОГО ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРКАЛА

Номер зоны i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продоль- ные абер- рации (ус- танавлива- ются мик- рометром) x_i , мм	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
Радиус зо- ны (вычис- ляется по формуле 1) r_i , мм	24,5	34,6	42,4	49,0	54,8	60,0	64,8	69,3	73,5
$40x_i$, мм	8	16	24	32	40	48	56	64	72
Допустимая погреш- ность (вы- числяется по форму- ле 2) δx_i , мм	0,20	0,145	0,119	0,103	0,092	0,084	0,078	0,073	0,068
$40\delta x_i$, мм	8,0	5,8	4,7	4,1	3,7	3,4	3,1	2,9	2,7
Реальная погреш- ность (ре- зультат графиче- ского вычи- тания иде- альной кри- вой из реальной) $40dx_i$	5	6	3	5	3	0	-2,5	-3	-3
dx_i	0,125	0,150	0,075	0,125	0,075	0	-0,062	-0,075	-0,075
Профиль поверхно- сти (вычис- ляется по формуле 5) P_i , мм	0,085	0,054	0,019	-0,003	-0,035	-0,054	-0,054	-0,038	-0,019

кала. Согласно этому критерию допустимая погрешность продольной абберации δx вычисляется по формуле:

$$\delta x = 2\rho \frac{f}{r}, \quad (2)$$

где $\rho = 1,22 \lambda f/D$ — радиус круга Эри. Для нашего зеркала и длины волны $\lambda = 0,55$ мкм ρ составит $1,22 \cdot 0,55 \cdot 750/150 = 3,36$ мкм, а зависимость для погрешности δx примет вид:

$$\delta x = 2 \cdot 3,36 \cdot 10^{-3} \cdot 750/r = 5,03/r \text{ мм.} \quad (3)$$

Идеальная кривая аббераций и коридор допустимой погрешности чертятся на листе тонкой бумаги или на кальке. На другом листе в том же масштабе откладываются радиусы зон, измеренные методом равных смещений, и строится реальная кривая продольных аббераций. Оба графика надо совместить так, чтобы полученная кривая попала внутрь коридора погрешности. Если это возможно, то парабололизацию можно считать успешно завершённой. Если реальная кривая аббераций не попадет в допустимый диапазон, то полировку продолжают. В этом случае графический метод позволяет оценить степень отклонения реальной поверхности от идеальной, правильно наметить дальнейший план парабололизации и количественно оценить результат предыдущего этапа работы. Возможность количественно оценивать ход парабололизации — важное преимущество графического метода.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ИСТИННОГО ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРКАЛА

Чтобы окончательно убедиться в хорошем качестве изготовленного зеркала, по

графику продольных аббераций телескопостроитель может построить истинный профиль поверхности, определив отклонения истинной кривой аббераций от идеальной. Покажем, как это делается на примере данных, полученных автором. Этапы вычислений:

1. Вычислить вспомогательную константу k по формуле:

$$k = \frac{D^2}{32n\lambda f^2} = \frac{150^2}{32 \cdot 9 \cdot 0,55 \cdot 10^{-3} \cdot 750^2} = 0,252 \text{ мм}^{-1}, \quad (4)$$

где n — количество зон зеркала. В нашем примере $n = 9$ (см. таблицу 1).

2. Для каждой зоны r_i с возможно большей точностью измерить по графику разности между измеренной и идеальной кривой абберации. Эта операция определяет точность вычисления истинного профиля поверхности. Непосредственно с графика снимаем величину $40 dx_i$ и, уменьшив ее в 40 раз, получим dx_i .

3. Вычислить P_1 — отклонения реального профиля поверхности от идеального параболоида в единицах длины волны λ :

$$\begin{aligned} P_9 &= k \cdot dx_9 \\ P_8 &= k \cdot (dx_9 + dx_8) \\ &\text{и так далее до} \\ P_1 &= k \cdot (dx_9 + dx_8 + \dots + dx_2 + dx_1), \end{aligned} \quad (5)$$

где k — константа, определенная в начале наших вычислений (пункт 1).

Результаты вычислений надо внести в таблицу, подобную той, что графически представлена на рисунке. Зеркало имеет отклонения от идеаль-

ного параболоида, не превышающие $\lambda/10$, что говорит о его высоком качестве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все приведенные формулы и вычисления предполагают, что щель и нож жестко закреплены друг относительно друга и перемещаются как одно целое на подвижной площадке. Количество зон определяет точность вычисления истинного профиля поверхности. Поэтому лучше увеличить n , уменьшив шаг смещения Δx до 0,1 мм. Для более точного измерения dx можно увеличить масштаб еще в 5 раз по обеим осям. В нашем примере величины dx оказались равными $62 \div 150$ мкм. Чтобы не исказить окончательный результат, точность установки смещений Δx должна быть порядка $5 \div 10$ мкм. Освоив графический метод, любитель может более точно изготовить зеркало и вовремя закончить полировку, тогда как работая вслепую, можно много раз «проскакивать» мимо отличного результата и остановиться в конце концов на посредственном варианте. Графический метод позволяет количественно оценить сложность изготовления зеркала по ширине коридора погрешности. Простые вычисления и построение графиков допустимой погрешности показывают, что изготовление 150-мм зеркала с $f = 1200$ мм несравненно легче, чем с $f = 750$ мм, так как коридор погрешности для последнего в 2,6 раза уже.

Положительные значения P_i соответствуют реальной поверхности, лежащей над параболоидом сравнения.

Точность измерения продольных аберраций

Для одиночных астрономических зеркал критерий Рэлея разрешает поверхности зеркала отступить от идеальной на величину, не превышающую $1/8 \lambda$. Так как для желто-зеленой части спектра $\lambda = 0,555$ мкм, то ошибка поверхности зеркала не должна быть больше 0,07 мкм или 0,00007 мм. Поэтому любой способ контроля должен иметь чувствительность, позволяющую зарегистрировать эту величину, а на деле иметь еще и запас чувствительности в несколько раз.

Наибольшей популярностью при изготовлении любительских несферических (например, параболических) зеркал пользуется визуальный метод измерения продольных аберраций — метод Фуко. В основе метода (при подвижном источнике света, связанном с ножом Фуко) — формула продольных аберраций зеркала при испытании его из центра кривизны:

$$x = \frac{y^2}{2R} e^2,$$

где y — радиус зоны, R — радиус кривизны вершины зеркала, e^2 — квадрат эксцентриситета, который для параболического зеркала равен 1 и может быть исключен из формулы. Обычно заранее вычисляют продольные аберрации

для нескольких зон, и при фигуризации стараются подогнать реальные аберрации под вычисленные.

В довольно обширной литературе о методе Фуко слабо освещены предельные возможности метода и роль погрешностей, сопутствующих измерениям.

Чаще всего считают, что ошибки в методе Фуко возможны только при измерении продольных аберраций. Правильно ли это? Обратимся к нашей формуле. В нее входят три величины, каждая из которых может быть измерена с ошибкой, и все они оказывают влияние на величину δ — отступление реальной поверхности от идеальной. Предположим, что радиус кривизны зеркала можно измерить с точностью $\Delta R = 2$ мм, радиус зоны на зеркале с точностью $\Delta y = 1$ мм, а продольную аберрацию с точностью $\Delta x = 0,01$ мм. Для того, чтобы определить предельно допустимые относительные фокусные расстояния (V) зеркал, воспользуемся формулами:

$$\Delta x = 64V^2\delta = \frac{4R^2\delta}{y^2} \text{ или}$$

$$V = \sqrt{\frac{\Delta x}{64\delta}}$$

$$\Delta y = 256V^3\delta = \frac{4R^3\delta}{y^3} \text{ или}$$

$$V = \sqrt[3]{\frac{\Delta y}{256\delta}}$$

$$\Delta R = 2048V^4\delta \text{ или}$$

$$V = \sqrt[4]{\frac{\Delta R}{2048\delta}}$$

V рассчитывается из ошибки продольной аберрации. Для $\delta = 1/16$ $\lambda = 0,00056 \cdot 1/16 = 0,000035$ мм и при $\Delta x = 0,01$ мм получим $V = 2,12$. Это значит, что только для зеркал с относительным отверствием около 1/2 точность измерения продольных аберраций должна быть не менее 0,01 мм. Для менее светосильных зеркал точность может быть ниже.

Вычислив V в зависимости от точности измерения радиусов зон зеркала (1,0 мм), получим $V = 4,83$ и для ошибки измерения радиуса кривизны зеркала (2 мм) предельное относительное фокусное расстояние $V = 2,30$. Как видим, решающее значение имеет ошибка измерений положения полутени на зеркале относительно отмеченного маской или разметкой радиусов зон, а не ошибка измерения продольной аберрации, как обычно думают.

При найденном значении относительного фокусного расстояния $V=4,83$ продольные aberrации могут измеряться с точностью 0,05 мм, а радиус кривизны зеркала — с точностью 39 мм. Поскольку радиус зоны, точнее положение полутени «бублика» на зеркале, трудно измерить с точностью более 1 мм, относительное отверстие $1/4,8$ является предельным для метода Фуко, если точность поверхности зеркала должна составить $1/16 \lambda$. Для точности $1/8 \lambda$ предельное относительное отверстие $A=1/3,82$. В этом случае продольные aberrации могут измеряться с точностью

0,025 мм, а радиус кривизны зеркала должен быть измерен с точностью 30 мм.

Приведенные формулы дают возможность производить вычисления и на микрокалькуляторе. Рассмотрим пример. Предположим, нам надо сделать параболическое зеркало диаметром 150 мм с фокусным расстоянием 1000 мм. Испытание проводим теневым прибором с подвижным источником света. Зеркало имеет $V=6,67$. Допуски в этом случае равны: $\Delta x=0,1$ мм, $\Delta y=2,64$ мм, $\Delta R=141$ мм. Сделать измерения в данном случае совсем не трудно. Теневой прибор должен быть снабжен приспособ-

y	x	$\pm \Delta x$	$x + \Delta x$	$x - \Delta x$
20	0,10	1,39	+1,49	-1,29
40	0,40	0,35	+0,75	+0,05
55	0,76	0,18	+0,94	+0,58
65	1,06	0,13	+1,19	+0,93
70	1,23	0,11	+1,34	+1,12
75	1,41	0,10	+1,51	+1,31

лением для измерения продольных aberrаций, позволяющим делать замеры с точностью 0,1 мм. Это может быть штангенциркуль, закрепленный на теневом приборе. Еще лучше использовать дисковый индикатор, который дает точность 0,01 мм.

Итак, вычислим продольные

абберации и допуски на них для $\delta=1/16 \lambda$. Все полученные значения занесем в таблицу, где первый столбец — это радиусы зон зеркала, второй — величины продольной абберации, а третий — допустимые ошибки измерений.

Если в результате фигуризации мы получим плавный ход аббераций без «переломов» поверхности и если их величины укладываются в данные таблицы, можно быть уверенным, что зеркало удовлетворяет условию Рэлея и, значит, получилось превосходным.

А. В. МАЖУГА

Примечание Л. Л. Сикорука. Анализ допусков на измерение продольных аббераций, выполненный А. В. Мажугой, показывает, что они значительно мягче, чем обычно указывается в руководствах по телескопостроению. Многие любители могут убедиться в этом на практике.

Одним из замечательных следствий работы А. В. Мажуги является то, что если сложить алгебраически второй и третий столбцы, то получатся еще две колонки цифр, с помощью которых можно по-

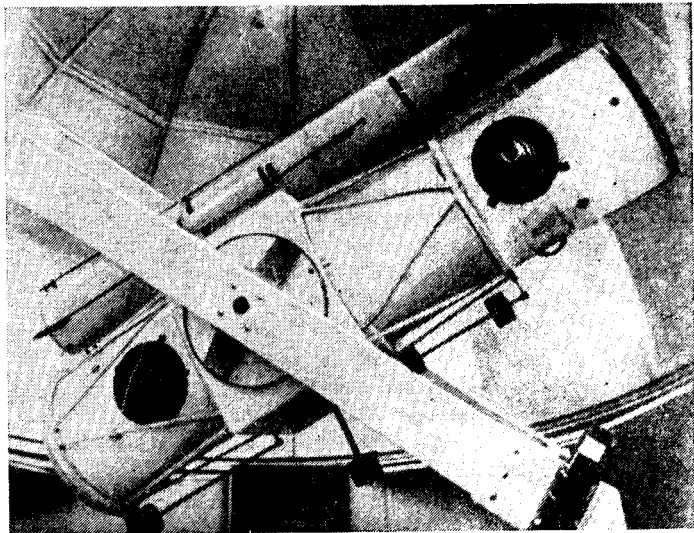
строить график допустимых ошибок и пользоваться графической интерпретацией метода Фуко, как это предложил Адриен Мелье Лакруа (Земля и Вселенная, 1987, № 1). Важно, что этот результат получен совершенно независимым способом.

Камеры Шмидта и Райта

Бытует точка зрения, что камера Берихарда Шмидта (1879–1935) с ее асферической пластиной-корректором слишком сложна для любительского телескопостроения. Так ли это? Напомним, что сразу после смерти Шмидта (кстати, он сам был когда-то любителем) профессионалы несколько лет побаивались браться за постройку его камеры. Отважились это сделать именно любители. В 1935 году Гарольд и Чарлз Лоуэры построили 200-миллиметровую камеру Шмидта с довольно большим относительным отверстием 1:1.

Уменьшив относительное отверстие до величины $A=2,5/\sqrt{D}$ (где D – в миллиметрах), можно построить камеру Шмидта и без пластины-корректора.

При всех своих достоинствах камера Шмидта имеет



290-миллиметровый телескоп системы Райта. Построен Доном Уайтхэдом (Австралия). Телескоп имеет один Ньютоновский и два Кассегреновских фокуса

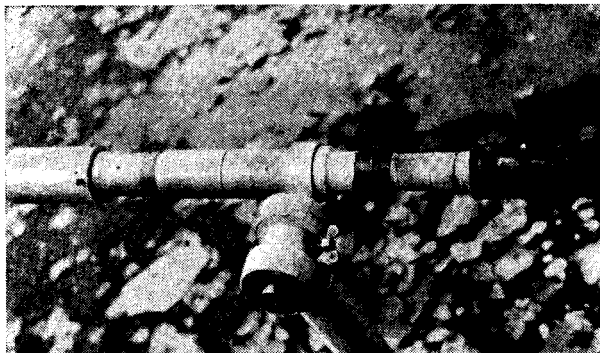
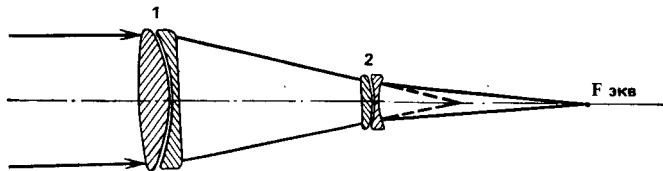
(Снимок взят из журнала Sky and Telescope)

трубу вдвое больше фокусного расстояния. Это неудобство побудило Франклина Райта в 1935 году исследовать систему Шмидта и разработать новую систему, в которой труба была бы той же длины, что и фокусное расстояние. Райт назвал эту систему «коротким телескопом». Теперь она носит его имя.

Райт предполагал использовать такую систему только для фотографических работ. Но любители ныне часто снабжают телескоп Райта диагональными или выпуклыми зеркалами и получают превосходные ньютоновские и кассегреновские комбинации, пригодные не только для фотографических, но и визуальных работ. При относительном отверстии около $1/4$ поле зрения таких телескопов составляет $3-5^\circ$. И камеры Шмидта, и камеры Райта строятся диаметрами от 140 до 300 мм.

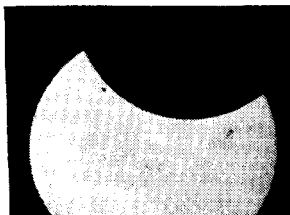
(По материалам зарубежной печати)

Фотографирование Солнца комбинированной оптикой



**Оптическая схема
фотогелиографа.**
1 — ахроматический
объектив;
2 — линза Барлоу

**Общий вид
фотогелиографа**
**Частная фаза
солнечного затмения
15 декабря 1982 года.**
Снимок сделан
на фотогелиографе
с комбинированной
оптикой
[пленка 65 ед. ГОСТа]



Много лет тому назад заинтересовавшись статьей А. Бойко (США), опубликованной в «Земле и Вселенной» (1970, № 5), я в конце 1981 года сделал несложный портативный фотогелиограф для фотографирования и визуальных наблюдений Солнца. Оптика моего прибора состоит из ахроматического объектива диаметром 35 мм (фокусное расстояние 350 мм) и линзы Барлоу (фокусировочная линза от теодолита ТТ-50). Комбинация из этих линз позволила получить эквивалентное фокусное расстояние 2000 мм при общей длине фотогелиографа без фотоаппарата — 500 мм.

Тубус объектива с помощью винта крепится к трубе фокусировочного узла теодолита. С помощью кремальеры фокусировочного узла линза Барлоу может перемещаться вдоль оптической оси. Качество изображения в эквивалентном фокусе — хорошее, диаметр изображения Солнца в фокусе — 18 мм, на негативах отчетливо видны полутени пятен. Относительное отверстие системы — 1:58. Применяя пленку «Микрат-позитив» чувствительностью 0,02—0,5 ед. ГОСТа и выдержку 1/500 с, можно работать и без темного светофильтра. Для защиты глаза при наводке в видоискатель фотоаппарата «Зенит» установлен плотный солнечный фильтр от теодолита ТТ-50. При желании можно пользоваться экраном. Диаметр изображения солнечного диска в этом случае достигает 65 мм.

Труба инструмента крепится к азимутальной монтиров-

ке, которая легко может быть переделана в экваториальную. Несмотря на малый вес фотогелиографа (всего 2,5 кг), инструмент достаточно устойчив.

15 декабря 1982 года на своем инструменте я наблюдал частное солнечное затмение, а 13 ноября 1986 года — прохождение Меркурия по диску Солнца.

Д. В. КРИКОРЯНЦ
(364060, г. Грозный, 60, ул. Дудаева, 12, кв. 9)

Примечание. Схема этого фотогелиографа — классический телеобъектив, где вторая

отрицательная компонента резко увеличивает фокусное расстояние системы без заметного увеличения длины телескопа. Однако надо иметь в виду, что качество телеобъектива с двумя ахроматами всегда ниже, чем одного ахроматического объектива того же фокусного расстояния. Д. Д. Максудов в книге «Астрономическая оптика» пишет, что в таких случаях «...вторичный спектр оказывается чрезмерно большим, а качество изображения в телеобъективе явно сниженным... Но могут существовать и другие

конструкции телеобъективов, например, зеркальные или менисковые, в которых остаточный хроматизм либо вовсе отсутствует, либо ничтожно мал». Имеются в виду системы классический «кассегрен» и менисковый «кассегрен». Вместе с тем не надо забывать, что действующее отверстие объектива Д. В. Крикорянца мало, и потому величина аберраций незначительна. Этим и объясняется довольно хорошее качество изображения в фокусе фотогелиографа.

Из опыта работы телескопостроителей

Известно, что звездные сутки короче солнечных на 4 минуты (в звездных сутках — 1436 минут, в солнечных — 1440), следовательно звездный телескоп должен делать полный оборот вокруг полярной оси за 23 часа 56 минут. Поэтому червячная пара с шестерней, имеющей 360 зубьев, не годится для часового механизма с синхронным электродвигателем, работающим от сети, и однозвенным редук-

тором между мотором и червячным винтом.

В то же время найти или нарезать шестерню с 360 зубьями гораздо проще, чем какую-либо другую. В этом случае можно использовать двухзвенный редуктор с отношениями 120:36 и 140:61. Синхронный мотор со встроеным редуктором, если скорость на выходном валу будет 2 об/мин, даст ошибку в ведении телескопа 3,7 с/сутки.

Чтобы ликвидировать завал на краю центрального отверстия 72-дюймового (1829-миллиметрового) зеркала, предназначенного для рефлектора обсерватории Виктория (Канада), это отверстие на время полировки закладывалось колотым льдом. В результате охлаждаемые части зеркала сжимались, и поверхность вокруг центрального отверстия опускалась, не подвергаясь полировке.

Контроль вторичных кассегреновских зеркал

Этот метод заключается в измерении положения эквивалентного фокуса телескопа для различных зон вторичного зеркала. Собранный и отъюстированный телескоп Кассегрена с уже готовым главным зеркалом направляется на удаленный примерно на 2—3 км объект с четким силуэтом (телевизионную антенну, хорошо освещенный дом или лампу уличного фонаря). Рассматривая этот объект через окуляр с фокусным расстоянием 20—30 мм, смещением окуляра добиваемся резкого изображения объекта. Так как вторичное зеркало пока еще не имеет форму гиперboloида, получить резкое изображение практически невозможно — центральные зоны зеркала имеют недостаточную кривизну. Фокусное расстояние центральной зоны такого зеркала в эквивалентном фокусе меньше, чем фокусные расстояния для других зон, поэтому задача телескопостроителя состоит вот в чем: надо ретушировать зеркало так, чтобы фокусы всех зон оказались в одной плоскости.

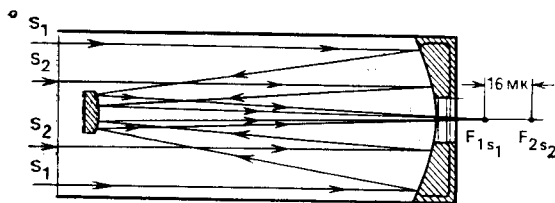
Для контроля хода ретуши разметим на зеркале несколько зон, например четыре. Перед вторичным зеркалом устанавливаем маску, благодаря чему остается выделенной какая-либо одна зона, и с по-

мощью окуляра определяем положение фокуса для этой зоны (то есть добиваемся резкости изображения). Отметим это положение окуляра. Таким же образом определяем положения фокусов и для остальных зон зеркала.

При больших эквивалентных фокусных расстояниях перемещение окуляра для разных зон может составлять 80—100 мм, поэтому в конструкции окулярного узла важно предусмотреть возможность переме-

нения окуляра на такое расстояние. Поскольку при малых отнесенных отверстиях (как у телескопов Кассегрена) глубина резкости большая и уловить положение фокуса довольно трудно, то при наблюдениях отмечаем **начало** резкости в зафокальном положении окуляра, потом **окончание** резкости в предфокальном положении и делим результат пополам.

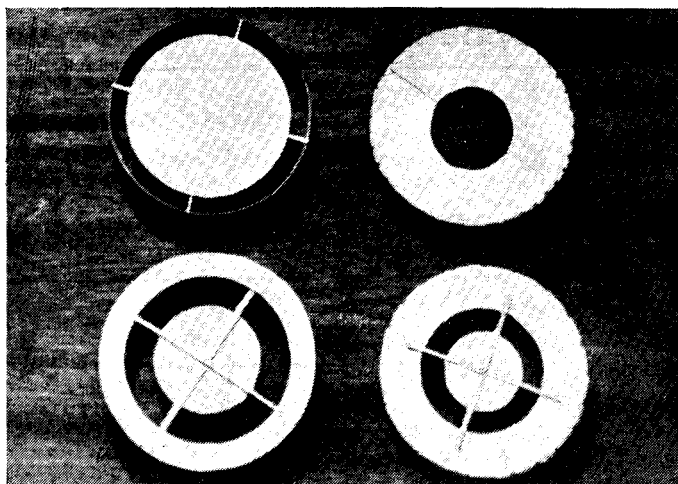
Исследуя 75-миллиметровое вторичное зеркало своего те-



Ход лучей в телескопе Кассегрена с недостаточно обработанным вторичным зеркалом. Изображение объекта «размазано», F_{1S_1} и F_{2S_2} не совпадают



Схема исследования вторичного зеркала с помощью маски



Картонные маски

телескопа системы Кассегрена (диаметр его 247 мм), я обнаружил; что центральная зона вторичного зеркала имеет недостаточную кривизну, и ее фокус выносится за главное зеркало ближе, чем фокусы остальных зон. Чтобы исправить этот недостаток, я во время

ретуши, полируя крайние зоны, увеличил кривизну центральной зоны.

Обычно после 10—15 минут полировки контролируют вторичное зеркало. Если за такое время полировки фокусное расстояние изменилось, скажем, на 5 мм, то нетрудно

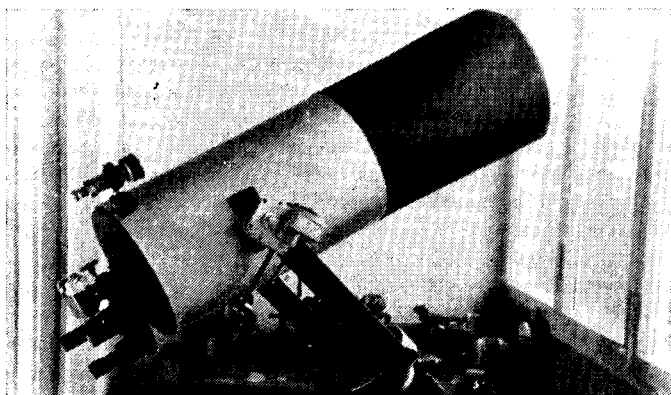
рассчитать, сколько времени потребуется, чтобы закончить работу. Зеркало можно считать готовым, если наведя телескоп на объект и меняя маски, мы получим четкое изображение и нам не придется менять фокус окуляром. При хороших погодных условиях со спокойными изображениями можно заметить разницу в положении окуляра при перефокусировке с точностью до 0,2—0,3 мм.

Поскольку вторичное зеркало испытывается в уже собранной, готовой схеме, ретушью на этом зеркале можно компенсировать и недостатки фигуры главного зеркала. Например, если центральная часть главного зеркала телескопа имеет недостаточную кривизну, то эквивалентное фокусное расстояние центральной зоны может оказаться не короче, а длиннее. Но в любом случае, добившись равенства фокусных расстояний всех зон, мы получим стигматическую систему, которая будет давать на оси точечные изображения звезд.

Механическую часть телескопа мне помогал строить сын, Г. А. Скуднов. У телескопа вилочная монтировка, снабженная часовым приводом. Окулярная часть представляет собой турель, где установлены четыре окуляра с различными фокусными расстояниями, которые меняются простым поворотом турели. Для фотографических работ один из окуляров может быть заменен на зеркальную малоформатную камеру типа «Зенит».

Общий вид 247-миллиметрового телескопа Кассегрена. Обратите внимание на револьверную головку для четырех окуляров. На месте одного окуляра установлен фотоаппарат

Снимки автора



А. С. КУРЦМАН

(334203, Крымская обл., г. Ялта, ул. Свердлова, дом 73, корп. 1, кв. 20)

Примечание.

Контроль телескопа по земным предметам кажется наиболее естественным и применяется очень широко на протяжении всей истории телескопостроения.

Более полувека назад американский любитель Алан Керкэм (автор оптической системы Долла — Керкэма) обратил внимание на то, что при испытаниях кассегреновских выпуклых зеркал по удаленному источнику света можно обнаружить только самые грубые дефекты. Об испытаниях по удаленному источнику с помощью окулярных проб можно прочесть в статье С. Чувакина (Земля и Вселенная, 1970, № 3). Но и там главный недостаток метода, конечно, не устранен.

Чтобы увидеть тонкую структуру изображения, необходимы увеличения больше разрешающих. Для обычных кассегреновских телескопов нужен окуляр с фокусным расстоянием 4—5 мм. Но с такими увеличениями яркость упадет намного ниже допустимой, а турбулентность атмосферы вообще не даст увидеть хоть что-нибудь. К стати, чтобы яркость изображения не менялась при смене масок, их нужно размещать так, чтобы площади отверстий были равны друг другу. Для этого ширина маски должна быть пропорциональна ее радиусу.

Сведение всех фокусов зон в одну точку указывает только на то, что зеркало лишь в среднем гиперболоид. Исследуется вся зона, и если есть мелкие, но многочисленные зо-

нальные ошибки, то относительно широкая зона маски суммирует их. В результате, закончив фигуризацию, можно получить одинаково посредственные изображения для всех зон, а у любителя будет впечатление, что телескоп идеален.

И все-таки мы решили поместить статью А. С. Курцмана, так как описанный им способ нагляден и на первых порах, пока зеркало далеко от идеального, может применяться начинающими любителями. Кроме того, нам кажется, что статья может стимулировать поиски любителями новых методов контроля выпуклых гиперболоидов, так как все еще нет универсального и во всех отношениях хорошего метода.

Из опыта работы

Еще один способ изготовления полировальника

Н. П. Василенко из клуба любителей астрономии и телескопостроения «Сириус» (357030, Ставропольский край, г. Невинномысск, ул. Павлова,

д. 4, Станция юных техников) пишет:

«В нашем клубе разработан и многократно проверен на практике «холодный» способ изготовления полировальников. Для того, чтобы сделать полировальник, нужно:

— приготовить смесь из кусочков нефтебитума марки

БН-4 и канифоли в отношении 2:3;

— смесь, помещенную в стеклянную посуду, залить летучим раствором битума и канифоли (взяв, например, ацетон и бензин в отношении 1:2);

— закрыть сосуд пробкой и дождаться полного растворения содержимого;

— полученный таким образом битумно-канифольный лак с помощью кисти или пипетки наносится на поверхность шлифовальника, причем лак надо распределять отдельными пятнами — с промежутками для свободного перемещения полирита или крокуса во время полировки.

После высыхания лака полировальник готов к работе.

Полировальник, полученный таким способом, не нуждается в формовке, обладает способностью быстрее придавать изделию точную сферическую или плоскую форму.

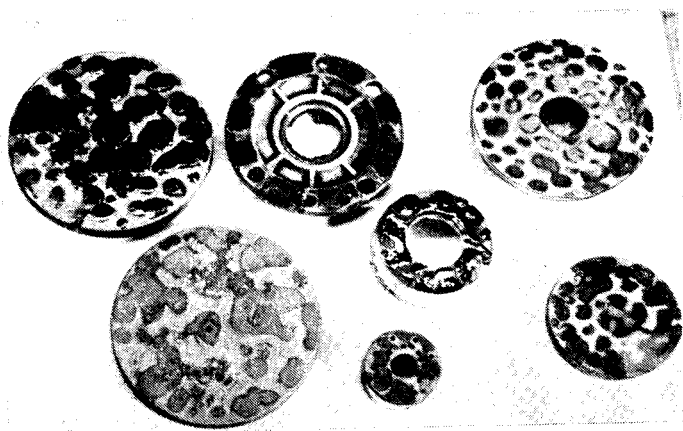
Подробнее об этом можно прочесть в приложениях к журналу «Юный техник» — «Телескоп своими руками».

Примечание.

Недостаток такого полировальника — слишком малая

Различные полировальники, применяемые членами клуба «Сириус»

Фото Н. П. Василенко



толщина слоя смолы. Что делает его «негибким» в работе. Затруднено активное воздействие на форму поверхности, как это позволяет обычный полировальник со слоем смолы

в 5–10 мм. Затруднены, в частности, асферизация, исправление незначительной кривизны плоской поверхности, образовавшейся во время тонкой шлифовки. И все-таки

экспериментировать тут следует. Публикация письма Н. П. Василенко, возможно, активизирует наших любителей в этой области самодеятельного телескопостроения.

Из нашей почты

О телескопах системы Грегори

Сотрудник Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга В. П. Горанский пишет:

«Недостатком системы Грегори считается более длинная в сравнении с системой Кассегрена труба, при одинаковом фокусном расстоянии зеркал. В действительности возможна конструкция для системы Грегори с такой же трубой, как и у системы Кассегрена. Бо-

лее того, за счет смены вторичных зеркал возможен переход от фокуса Грегори к фокусам Кассегрена или Ньютона. Рисунок поясняет это. Расчет телескопа системы Грегори несложен, и было бы интересно проверить на практике, насколько осуществима эта конструкция».

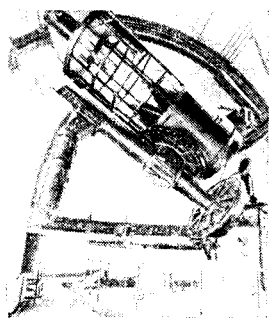
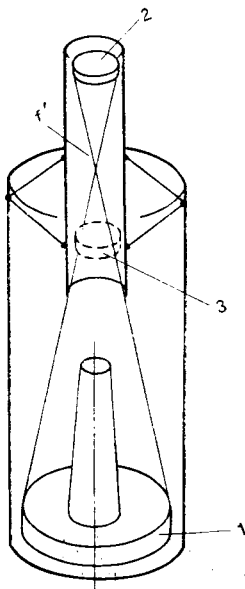
Примечание.

Читатели журнала, вероятно, помнят необычную конструкцию трубы телескопа Ричи – Кретьена, построенного в клубе имени Максутова в

разумеет расстояние между зеркалами, которое и определяет габариты, а значит, и диаметр купола. Это наиболее важный фактор и при определении стоимости всего сооружения. От габаритов трубы зависит выбор типа монтировки, ее надежность, жесткость и многие другие параметры.

Предложение В. П. Горанского может заинтересовать читателей. На практике такая схема применяется сравнительно давно и профессионалами, и любителями. Подобным образом устроена, например, верхняя часть 2,08-метрового рефлектора обсерватории Макдональд (США), построенного еще в 30-е годы. Благодаря этому облегчен доступ к главному фокусу и переход к фокусу Кассегрена.

К сожалению, предложив быстрый переход от фокуса Грегори к фокусу Кассегрена, автор письма ничего не сказал о возможных технических решениях. Поэтому читателям, возможно, будет интересно познакомиться с конструкцией, построенной А. Н. Болтневым в Клубе имени Максутова несколько лет назад для его 150-миллиметрового рефлектора системы Ньютона – Кассегрена. Здесь специально выведенной за пределы трубы ручкой зеркало откидывается в стойке и фиксируется с помощью двух сильных постоянных магнитов.



2,08-метровый телескоп обсерватории Макдональд

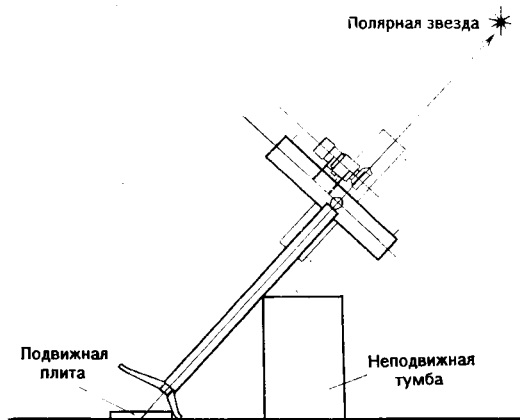
1976–1977 годах А. Б. Зайцевым (Земля и Вселенная, 1981, № 1, с. 66. — *Ред.*). Этот телескоп вообще не имеет трубы в обычном смысле слова. И было бы неверно утверждать, что его труба «еще короче». Когда конструктор говорит о длине трубы системы, он под-

Схема телескопа Грегори с короткой трубой. 1 — главное зеркало; 2 — зеркало Грегори; 3 — сменные зеркала Кассегрена

Фотографирование звездного неба длиннофокусным объективом

В последнее время фотографирование в любительской астрономии завоевывает все более прочные позиции. Это объясняется рядом важных преимуществ фотографического метода наблюдений перед визуальным. Так что рано или поздно у каждого любителя астрономии появляется желание получить снимок звездного неба. Если используется короткофокусный объектив, то задача не представляет трудностей, поскольку требования к качеству гидирования несущественны (Земля и Вселенная, 1984, № 6, с. 64. — Ред.). Короткофокусные объективы обладают большим полем зрения, что является их достоинством при фотографировании обширных участков неба. Но если надо получить снимок объекта, у которого угловые размеры малы (туманность, звездное скопление), то лучше всего применять длиннофокусный объектив (с фокусным расстоянием 300 мм и более). Такие объективы имеют, как правило, значительно большие диаметры входного отверстия, что позволяет фотографировать слабые небесные объекты.

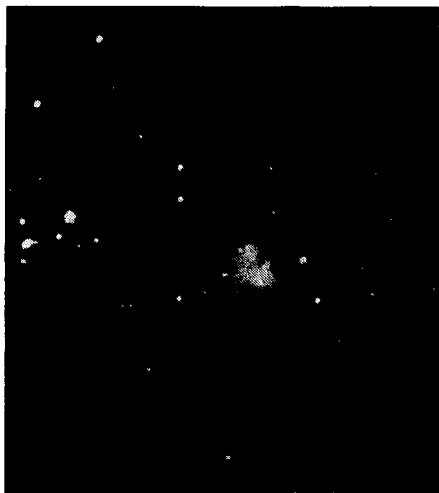
В справочной литературе для любителей астрономии всегда встречается утверждение: существенный недостаток длиннофокусных объективов — их малое относительное отверстие. Автор этой публикации не разделяет такую точку зрения. Дело в том, что основная часть любителей астрономии вынуждена проводить свои наблюдения в условиях довольно значительной подсветки неба источниками искусственного освещения. В подобных условиях получить качественные снимки становится затруднительно, особенно если пользоваться светосильными объективами и делать длительные экспозиции. Применение объективов с малым относительным отвер-



Простейший способ переделки азимутальной монтировки в экваториальную

ствием значительно уменьшает световые помехи. Но при использовании такого объектива сильно возрастают требования к качеству гидирования. Например, фотоаппаратом с ко-

Туманность в созвездии Ориона. Снимок получен фотоаппаратом «Зенит ЕМ» с длиннофокусным объективом системы Максутава «ЗМ-5А-МС», пленка 250 ед. ГОСТа, выдержка — 10 мин



Объектив «МТО-1000» — универсальный телескоп

Бывает, мечта о телескопе живет в душе с детства, но так уж складывается, что долгое время она не может осуществиться. Чаше всего любителю некуда обратиться за помощью, чтобы изготовить ту или иную деталь. Возможно, то, чем я хочу поделиться с любителями астрономии, подскажет некоторым из них, как стать обладателем телескопа.

Хороший телескоп можно собрать из готовых деталей различных оптических приборов и инструментов. Для этого подойдут любые длиннофокусные фотообъективы и особенно зеркально-линзовые.

Основой моего, довольно универсального телескопа стал объектив «МТО-1000» с фокус-

ным расстоянием 1100 мм и световым диаметром 100 мм.

Задний рабочий отрезок объектива составляет всего 45,5 мм, и для удобства визуальных наблюдений его надо было увеличить. Мне удалось это сделать с помощью отрицательной ахроматической линзы Барлоу, взятой из нивелира. Поместив эту линзу перед фокусом объектива (на расстоянии около 17 мм от фокуса) я увеличил рабочий отрезок объектива до 108 мм. Это позволило разместить окулярный узел телескопа. Он состоит из кремальеры, передвигающейся в тубусе линзу Барлоу, зенитной призмы и резьбового кольца М42×1 для крепления сменных окуляров. Вместо зе-

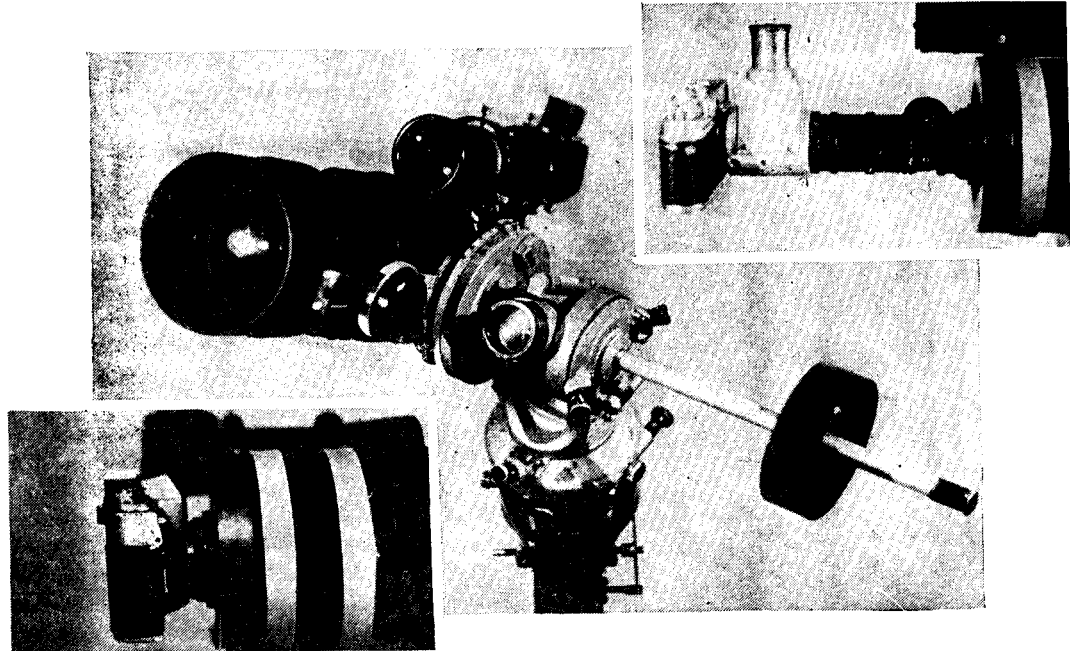
роткофокусным объективом, закрепленным на телескопе, который имеет азимутальную монтировку и микрометрические винты, можно получать снимки звездного неба с длительными выдержками (при гидировании по двум осям). В случае же применения длиннофокусного объектива этот способ становится практически неприемлемым.

Новосибирский приборостроительный завод имени Ленина уже несколько лет выпускает телескоп-рефлектор «Алькор», который успел приобрести немалую популярность у любителей астрономии, причем используют его не только для визуальных наблюдений, но и для фотографирования звездного неба. Правда, азимутальная монтировка телескопа мешает проведению фотографических наблюдений, поэтому ее необходимо переделать в экваториальную (Земля и Вселенная, 1984, № 6, с. 60. — Ред.), или можно сделать проще, а именно: установить колонну телескопа в плоскости меридиана под углом, равным широте места (например, положить на массивную тумбу). Ось колонны надо как можно точнее сориентировать на Полюс мира. Для этого оптическую ось телескопа устанавливают параллельно оси колонны; затем, перемещая колонну, добиваются, чтобы в поле зрения

попала Полярная звезда. После чего телескоп направляют на интересующую область неба и начинают съемку. Гидирование осуществляется в основном по одной оси; используя расфокусированное изображение звезды, добиваются, чтобы пересечение нитей окуляра постоянно делило изображение звезды на равные части. Следует иметь в виду: крышку с объектива снимают только после того, как пересечение нитей попадет в центр изображения звезды.

Особо хочется остановиться на достоинствах длиннофокусных объективов системы Максутава: 1) совершенная оптическая система таких объективов позволяет получать практически свободное от аберраций изображение по всей площади негатива; 2) объективы имеют небольшие габариты при большом фокусном расстоянии; 3) у них большой размер входного зрачка; 4) в этих объективах отсутствует диафрагма, как правило, не нужная в астрофотографии.

В. В. ШВЫРКУНОВ
(151080, Челябинск, пр. Ленина, д. 74, кв. 62)



Самодельный телескоп, основой которого стал фотообъектив «МТО-1000», монтировка немецкого типа. Вверху: окулярная камера в эквивалентном фокусе $F=5000$ мм. Внизу: фотоаппарат «Зенит» в штатном фокусе (1100 мм)

нитной призмы и окуляров можно установить зеркальную малоформатную фотокамеру.

Эквивалентное фокусное расстояние системы стало равно 2530 мм. Теперь если перемещать линзу Барлоу вдоль оптической оси в пределах 14 мм, можно плавно изменять фокусное расстояние от 2530 мм до 5000 мм. С двумя окулярами и комплектом удлинительных колец для микросъемки к фотоаппарату «Зенит» увеличения телескопа составляют: $40\times$, $60\times$, $90\times$, $100\times$, $120\times$, $160\times$, $180\times$, $200\times$.

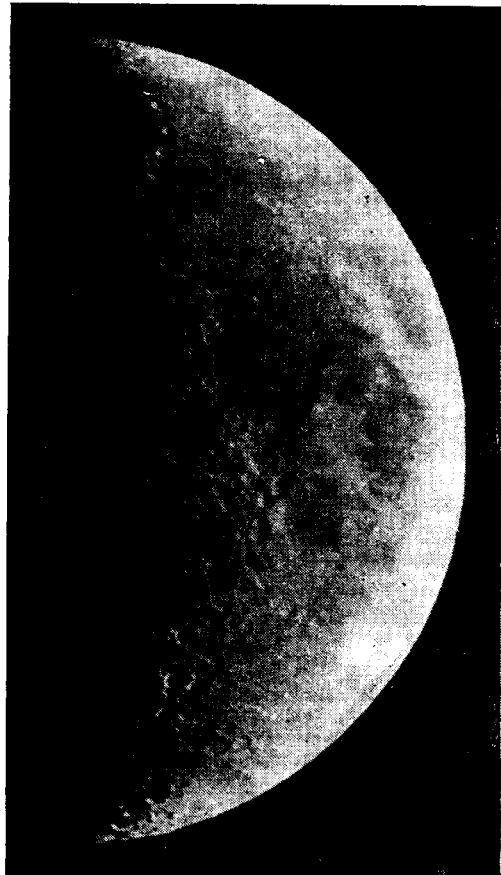
При увеличении $100\times$ поле зрения равно $40'$. Такое поле особенно удобно при наблюдениях Луны и Юпитера с его галилеевыми спутниками. Туманности и скопления я наблюдаю без линзы Барлоу с увеличением $40\times$. При удовлетворительных атмосферных условиях телескоп уверенно разрешает двойные звезды с расстоянием между компонентами $2,2''$. Небольшой диаметр входного отверстия телескопа уменьшает его чувствительность к атмосферной турбулентности, хорошо заметной в

телескопы большого диаметра. Изображение при увеличении $100\times$ — $180\times$ устойчивое, четкое и контрастное.

Благодаря оптической схеме менискового объектива МТО вся установка очень компактна. Наибольшая длина трубы телескопа с окулярным узлом составляет 380 мм. Труба герметически закрыта. Поэтому внутри трубы нет движения воздуха, да и главному зеркалу не страшны ни пыль, ни влага.

Искателем телескопу служит объектив монокуляра МП7 $\times$ 50 и одна из его призм, смонтированные в самодельном корпусе. Окуляр искателя также заводского изготовления — это окуляр Кельнера с большим полем зрения и перекрестьем нитей.

Монтировка телескопа параллактическая, немецкого типа. Полярная ось установлена в двух подшипниках на стационарной тумбе и снабжена часовым механизмом, состоящим из червячной пары, двухзвенного редуктора и асинхронного электродвигателя ДСД-2. На



Фотография Луны, полученная в эквивалентном фокусе (2530 мм) самодельного телескопа. Чувствительность пленки 250 ед. ГОСТа, экспозиция — 1 с

верхнем конце оси с помощью зажимного винта крепится головка теодолита. Его вертикальная ось становится полярной, а горизонтальная — осью склонений. Микрометренные винты теодолита служат для тонких движений зрительную трубу установить на 90° , она оказывается направленной на Полярную звезду и служит искателем Полюса мира для точной

установки полярной оси. Трубка на окулярном конце для удобства снабжена зенитной призмой.

При фотографировании с длительными выдержками в качестве гида используется труба с объективом «Индустар-37» (диаметром 65 мм и фокусным расстоянием 300 мм). С установленным окулярным блоком главного телескопа и окуляром с перекрестьем нитей гид имеет фокусное расстояние 750 мм и увеличение от $47\times$ до $80\times$. Гид навешивается вместо противовеса и может применяться для фотосъемки. В этом случае гидирование выполняется главным телескопом. Гид имеет собственный искатель с углом зрения около 4° .

При фотографировании в эквивалентном фокусе (от 3700 до 5000 мм) я использую камеру, выполненную на основе фотоаппарата «Мир». С окулярного блока я снимаю призму и на ее место наворачиваю окулярную фотоприсставку. С помощью комплекта удлинительных колец можно увеличивать или уменьшать расстояние до камеры и менять масштаб изображения. Кремальерой устанавливается резкость изображения, корректировка ведется микрометренными винтами головки теодолита.

Окуляры, расположенные перпендикулярно оптической оси, облегчают работу с инструментом. Гидирование по объектам, расположенным в зените, не утомляет, так как наблюдатель находится в удобной позе. Это дает возможность делать продолжительные экспозиции и получать удовлетворительные снимки.

Телескоп разбирается и укладывается (кроме гида и противовеса) в ящик, размеры которого $400 \times 260 \times 350$ мм, вес около 11 кг. Его я ношу за спиной, как рюкзак. В таком виде перевозжу телескоп за город, где стационарно установлена колонна с часовым механизмом.

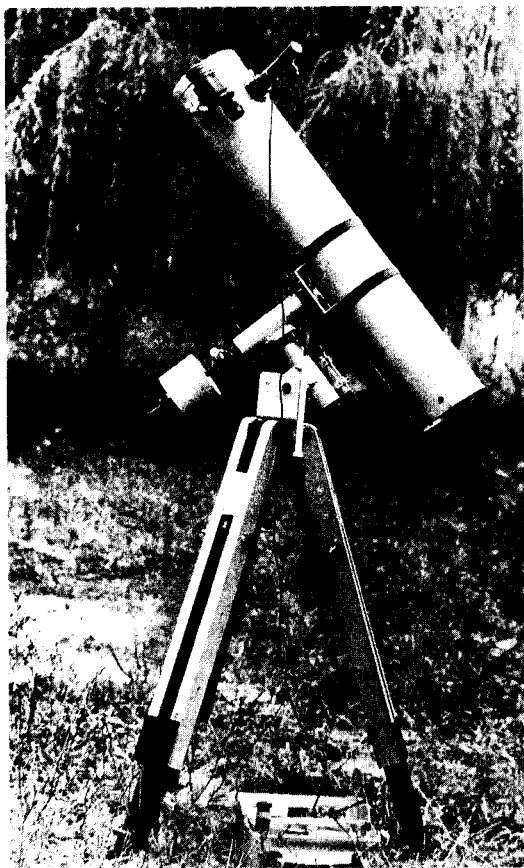
Ю. Б. ЗАРУБА,
(350010, Грязань, ул. Брестская, д. 11/37, кв. 21)

Примечание

Еще один вариант использования объектива «МТО-1000» для астрономических целей описан в статье А. Н. Крылова «Портативный телескоп» (Земля и Вселенная, 1981, № 3).

Мои самодельные телескопы

К увлечению любительским телескопостроением меня подтолкнули любопытство и желание сделать своими руками оптический инструмент, пригодный для наблюдений. Сейчас у меня уже два теле-



110-миллиметровый рефлексор системы Ньютона ($F=825$ мм)

скопа-рефлектора с диаметрами зеркал 110 и 150 мм готовы, и я работаю над телескопом системы Ньютона — Нэсмита. Диаметр этого телескопа будет 310 мм.

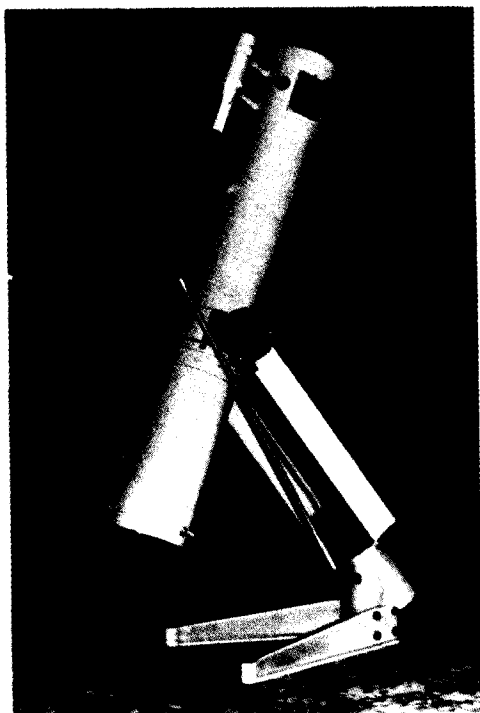
На постройку 110-миллиметрового рефлексора я затратил два месяца. И хотя телескоп имеет характеристики, близкие к серийному «Мицару», считаю, что лучше все сделать самому. Да и обошелся он мне гораздо дешевле, чем стоит «Мицар».

При обдирке зеркал для своих телескопов я пользовался «кольцом». Шлифовал заготовки на металлостеклянных шлифовальниках. Для этого на ступенчатый металлический шлифовальник эпоксидной шпаклевкой я наклеил стеклянные фасетки размером $20 \times 20 \times 5$ мм. Во время полировки и фигуризации зеркал, чтобы полировальник не потерял форму при длительных перерывах в работе, я хранил его в холодильнике, в тазике с водой. За 1—1,5 часа до начала работы я доставал полировальник и выдерживал его при комнатной температуре, потом в течение 15—20 минут он формовался наложенным на него зеркалом.

Трубы телескопов склеены из стеклоткани и снабжены ребрами жесткости (как это описано в книге Л. Л. Сикорука «Телескопы для любителей астрономии»). Монтровка 110-миллиметрового телескопа имеет механизмы тонких движений по обеим осям. Этот телескоп можно использовать и как гид для астрографов. Для этого у него есть окулярный микроскоп с увеличением $149\times$ и перекрестье нитей, подсвечиваемое лампочкой 2,5 Вт. Накал лампочки можно регулировать реостатом.

Для наблюдений Солнца я сделал диафрагму диаметром 48 см, которая надевается на верхний конец трубы. Искателем мне служит монокуляр МП 8×30 . Масса 110-миллиметрового рефлексора немногим больше 25 кг.

Второй телескоп, 150-миллиметровый



400-миллиметровый рефлектор Ньютона — Кассегрена

Красоты звездного неба привлекали меня еще в шестидесятые годы, когда я был школьником. Но серьезно астрономией я стал заниматься в 1975 году. Начинать, как многие: сначала построил простенький телескоп с объективом из насадочной линзы, потом в магазине учебно-наглядных пособий купил 80-миллиметровый рефрактор. Но постепенно и его возможности были исчерпаны: между эффектными фотографиями, помещенными в инструкции к телескопу, было мало общего с тем, что мне показывал мой рефрактор. Хотелось большего. Поэтому интерес к рефрактору постепенно стал угасать. Я решил использовать этот телескоп для астрономической фотографии (Земля и Вселенная, 1980, № 4).

Позже я построил 270-миллиметровый рефлектор Ньютона, который также приспособил для фотографирования неба (Земля и Вселенная, 1982, № 5). Одним из тех ранних результатов была фотография Большой туманности в Андромеде. Снимки вдохновили меня, и я решил понастоящему заняться астрофотографией. В конце концов я построил 400-миллиметровый рефлектор, который описан в этой статье.

Телескоп может работать и по схеме Ньютона, и по схеме Кассегрена. Его главное параболическое зеркало диаметром 402 миллиметра имеет фокусное расстояние 1592 мм и относительное отверстие $1/3,9$. В центре зеркала есть отверстие диаметром 90 миллиметров.

Чтобы перейти от ньютоновской схемы к кассегреновской нужно заменить диагональное плоское зеркало эллиптической формы с осями 90 и 120 мм на 120-миллиметровое выпуклое гиперболическое. Расстояние между зеркалами в кассегреновской схеме 1243 мм, фокусное расстояние системы 4350 мм, эквивалентное относительное отверстие $1/10,8$.

Конструкция нового телескопа в принципе мало отличается от конструкции изготовленного ранее 270-миллиметрового рефлектора, разве что отдельные узлы продуманы более тщательно, да введены незначительные усовершенствования в элементы монтировки. Правда, при разработке 400-миллиметрового телескопа на одно из первых мест была поставлена задача максимально облегчить отдельные детали

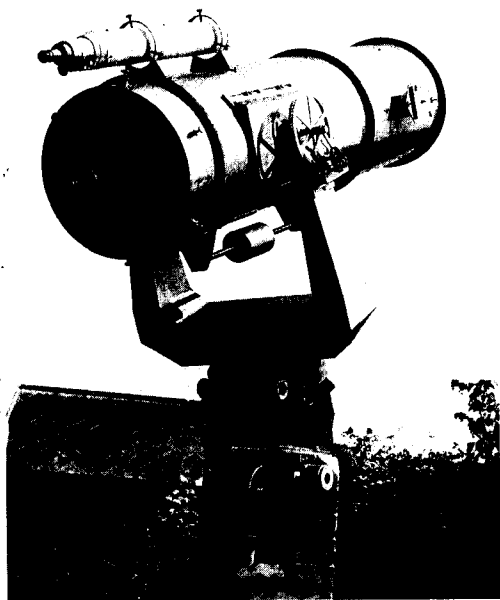
150-миллиметровый телескоп системы Ньютона
($F=1285$ мм)
Увеличения 46° , 64° , 128° и 233°

Фото автора

рефлектор, имеет монтировку вилочного типа с механизмом тонких движений. Предусмотрена также возможность изменения угла наклона полярной оси на 10° . Окулярный узел приспособлен для фотографирования в фокусе Ньютона фотоаппаратом «Зенит». Возможна съемка и с окулярной камерой.

И. П. НАБОКА

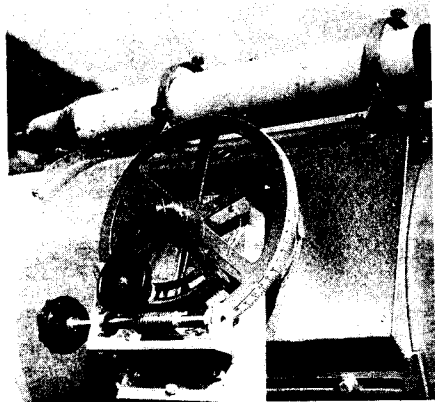
(255020, Киевская область, г. Бровары, ул. 50-летия ВЛКСМ, д. 11а, кв. 15)



400-миллиметровый рефлектор системы Ньютона—Кассегрена



Автор статьи с сыном у самодельного телескопа



Механизм поворота относительно оси склонений

и соответственно уменьшить вес всей конструкции с тем, чтобы при необходимости можно было собрать и разобрать телескоп своими силами.

Инструмент имеет широко распространенную сейчас вилочную монтировку и включает все необходимые элементы для грубого и точного наведения и гидирования. Вилка телескопа устанавливается на поворотной платформе, которая в свою очередь опирается тремя ножками на металлическое основание, укрепленное на кирпичной колонне. Верхняя плоскость этого основания наклонена под углом 90° — φ к горизонту (φ — широта места наблюдения). Плавный поворот вилки относительно полярной оси осуществляется посредством червячной передачи с дифференциалом для гидирования. Для предварительного грубого наведения телескопа на объект в конструкции предусмотрена возможность разъединения червячной пары (отведением червячного винта, укрепленного для этого на отдельной пластине, в сторону от шестерни). В качестве привода телескопа используется асинхронный конденсаторный электродвигатель (типа Д-83), к валу которого присоединен

многоступенчатый редуктор. Для исключения вибрации телескопа, двигатель вместе с редуктором укреплены на кирпичной колонне.

Поворот телескопа относительно оси склонений осуществляется посредством червячной передачи, причем, здесь также предусмотрена возможность грубого и точного наведения. Червячный сектор этой передачи укреплен свободно на оси склонений (то есть проворачивается относительно нее), хотя находится в постоянном зацеплении с червячным винтом. В свою очередь, к оси склонений приварен рычаг, имеющий возможность свободно перемещаться относительно сектора. Стопорный винт с рукояткой позволяет жестко скреплять червячный сектор с рычагом. При грубом наведении телескопа на объект стопорный винт ослабляется и ось склонений вместе с рычагом поворачивается на необходимый угол. Для точных движений рычаг, укрепленный на оси склонений, стопорится относительно червячного сектора и тогда поворот телескопа по оси склонений осуществляется уже червячной передачей.

В качестве гида используется 80-миллиметровый школьный рефрактор. Съемка производится на фотопластинку размером 9×12 см, устанавливаемую в кассете в фокальной плоскости параболического зеркала. Плавное закрытие входного отверстия кассеты производится с помощью электромеханического затвора, который располагается на внутренней стенке трубы телескопа непосредственно перед кассетой.

В процессе создания и эксплуатации телескопа у меня сложилось мнение, что

Правильно ли мы говорим?

Гидирование. Во многих статьях ведение телескопа часовым механизмом неверно называют гидированием, а иногда и автоматическим гидированием. В действительности гидирование — это систематическая коррекция хода часового механизма наблюдателем с помощью телескопа-гида. Обычно гид имеет освещенное перекрестье, и задача наблюдателя в течение всей экспозиции удерживать на нем звезду микрометрическими ключами.

Автоматическое гидирование заключается в том, что глаз наблюдателя заменен фотоэлектронным устройством, реагирую-

щим на смещение ведущей звезды с вершины зеркальной четырехгранной пирамиды или с края непрерывно вращающегося «ножа». Это устройство подает сигналы механизмам исполнения, которые постоянно вносят поправки в движение телескопа по обеим осям. Автоматическое гидирование — достаточно сложное дело и нам пока не известны случаи применения его в любительской практике у нас в стране.

Фокус и фокусное расстояние. Эти понятия в статьях, разговорах, дискуссиях любителей часто подменяются одно другим. **Фокус** — это точка на оси объектива или зеркала, где образуется изображение точки, лежащей в

бесконечности на оптической оси. **Фокусное расстояние** — это расстояние от задней главной плоскости линзы или объектива до точки фокуса. В тех случаях, когда толщиной линзы можно пренебречь, фокусное расстояние измеряется от центра линзы до точки фокуса. Так как главные плоскости всех одиночных зеркал совпадают с их вершинами, то фокусное расстояние измеряется от вершины зеркала до фокуса. Замена «фокусного расстояния» словом «фокус» недопустима. Нельзя так же выражение «относительное фокусное расстояние» заменять выражением «относительный фокус».

Л. Л. СИКОРУК



Туманность Андромеды. Снимок получен на 270-миллиметровом рефлекторе, пленка 250 ед. ГОСТа, выдержка 20 мин

при таких параметрах оптики и геометрических размерах телескопа, изготовление его становится уже на пределе возможностей большинства любителей. Эти возможности определяются и материальными средствами, и доступом в мастерские, и местом стационарной установки телескопа, и некоторыми другими факторами. Сборка инструмента, его установка, юстирование, а иногда и фотографирование требует участия помощника.

Р. Х. БЕКЯШЕВ

(198330, Ленинград, пр. Маршала Захарова, дом 60, кв. 784)

Панорамный астрограф

В некоторых случаях возникает необходимость фотографирования протяженных объектов: серебристых облаков, следов метеоров и болидов, обширных областей звездного неба. Конечно, сделать такие снимки можно последовательно фотографируя отдельные участки, что весьма трудоемко и не обеспечивает одинаковых условий съемки.

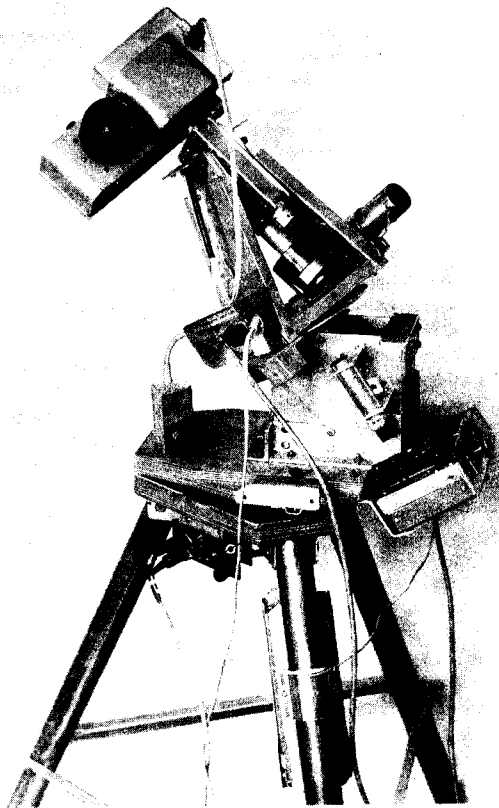
Использование для этих целей специальных объективов типа «Рыбий глаз» доступно далеко не всем из-за их высокой стоимости. Неудобны и панорамные фотокамеры типа «Горизонт», имеющие узкую щель, через которую проецируется изображение на вогнутую поверхность пленки, что не позволяет делать длительные экспозиции при съемке.

Однако еще в 1893 году Дамуазо (Франция) предложил панорамную камеру «Циклограф», лишенную указанных недостатков. Несмотря на кажущуюся техническую простоту идеи, камера не получила широкого распространения из-за жестких требований к ее механической части.

Мне удалось на базе идеи Дамуазо сконструировать и построить чрезвычайно простой и надежный панорамный астрограф, качество снимков которого определяется только параметрами объектива.

Правда, этот астрограф страдает определенным недостатком, связанным с самим принципом его работы. Съемка панорамы

проводится последовательно, в связи с чем изображение на разных участках снимка получается в разные моменты времени. Поэтому при продолжительной съемке нестационарных объектов, например быстро меняющих форму метеорных следов, этот недостаток надо учитывать, однако в большинстве случаев, особенно при фотографировании панорамы звездного неба, он не имеет существенного значения.



Общий вид панорамного астрографа

В астрографе могут быть использованы широко распространенные объективы «Мир-1», «Индустар-61» и другие. С их помощью можно получать снимки звездного неба в виде полосы шириной 45—60° в зависимости от типа объектива (и любой протяженности, вплоть до 360°). Например,

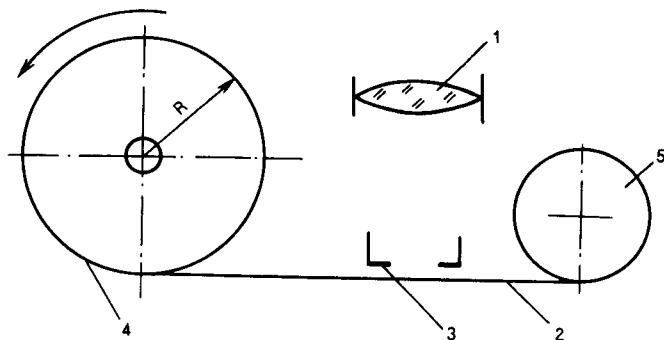


Схема работы астрографа: 1 — объектив, 2 — фотопленка, 3 — кадрирующая рамка, 4 — барабан, 5 — кассета

за 2—3 часа можно получить снимок Млечного Пути от горизонта до горизонта или сразу нескольких зодиакальных созвездий.

Принцип работы астрографа следующий: объектив проецирует изображение объекта на пленку, причем размеры изображения задаются кадрирующей рамкой. В процессе съемки фотокамера вращается вокруг неподвижной оси. Экспонирование происходит через окно кадрирующей рамки при движении пленки. Особенность конструкции данного астрографа в том, что **радиус барабана равен фокусному расстоянию объектива**, поэтому изображение при вращении камеры остается неподвижным. Это позволяет не ограничивать ширину кадрирующей рамки и вместе с тем делать продолжительную экспозицию. Угол съемки определяется углом поворота камеры вокруг оси и может быть сколь угодно большим.

Требования к точности изготовления механизмов камеры невелики: необходимо лишь обеспечить равенство радиуса барабана фокусному расстоянию объектива, и ширина фильмового канала должна иск-

лючать поперечный люфт пленки при ее движении.

Нетрудно показать, что при фокусном расстоянии объектива в 50 мм и диаметре барабана в 100 мм, отличие размеров от расчетных на $\pm 0,1$ мм дает смещение изображения на пленке (при ширине окна кадрирующей рамки 10 мм) равным 0,01 мм, что значительно меньше изображения дифракционного кружка звезды.

При съемке звездного неба камера должна совершать два движения: одно вокруг полярной оси вслед за движением небосвода и другое вокруг оси камеры, угол поворота которой и определяет длину дуги снимаемой полосы неба.

Время экспозиции определяется шириной кадрирующей рамки и скоростью вращения камеры, то есть временем прохождения точки на пленке от одного края кадрирующей рамки до другого. При угле съемки φ , ширине щели кадрирующей рамки l и времени выдержки t , скорость вращения камеры вокруг оси n определяется формулой:

$$n = \frac{\varphi}{360} \cdot \frac{2 \cdot l \cdot f}{t}$$

Меняя скорость вращения камеры и ширину щели кадрирующей рамки, можно в широких пределах менять продолжительность экспозиции.

Я изготовил две камеры, одна под объектив «Индустар-50-2» и другая «Мир-1В». В обеих камерах для расширения площади съемки используется пленка шириной 60 мм, в связи с этим кадрирующая рамка выполнена в виде щели с регулируемой шириной от 2 до 10 мм и длиной по ширине пленки. Так как длина щели кадрирующей рамки больше диагонали обычного кадра (24×36 мм), по краям пленки наблюдается некоторое падение освещенности, однако заметной комы нет. Во всяком случае, качество кадра шириной в 50° вполне удовлетворительное.

Корпус и все детали камеры выполнены из листового алюминия. Ось стальная. Вращение камеры производится электроприводом. Электродвигатель укреплен непосредственно на корпусе камеры. Меняя набор шестерен и скорость вращения электродвигателя, можно менять скорость вращения камеры, а вместе с этим и экспозицию при съемке. Имеется возможность устанавливать время полного оборота камеры — 2, 4, 8 и 12 час, что соответствует, при ширине щели 10 мм, экспозиции 5, 10, 20 и 30 мин.

Астрограф, смонтированный на экваториальной установке, имеет оптический визир и гид с тонкой регулировкой, позволяющей выставлять его точно на гидрируемую звезду. Яркость подсветки нитей гида можно менять. Скорость привода полярной оси регулируется с помощью выносного пульта. Питание привода полярной оси осуществляется от аккумуляторной батареи (10 аккумуляторов типа Д-55), а привод камеры — от аккумуляторного фонаря.

Б. И. ПАНФИЛОВ
(428003, Чебоксары-3, пр. Ленина,
д. 21, кв. 23)

Как я фотографировал комету Галлея



Предлагая вниманию читателей любительскую фотографию кометы Галлея, полученную мной в апреле 1986 года на горе Майда-нак (УзССР), хочу поделиться некоторыми подробностями съемки в надежде, что такая информация сможет заинтересовать некоторых любителей астрономии и телескопостроения.

Фотографирование производилось малоформатной камерой с объективом «Юпитер-6» (фокусное расстояние 180 мм, относительное отверстие 1:2,8) через светофильтр ЖС-18 на 35-миллиметровой пленке NP—27 фирмы ORWO (ГДР).

В качестве гйда использовался рефрактор ЗРТ-452 с

отверстием 75 мм и фокусным расстоянием объектива 650 мм. Вместо штатного окуляра с оборачивающей призмной системой применялся окуляр с фокусным расстоянием около 8 мм.

Объектив фотокамеры и гид были установлены параллельно на плите экваториальной головки, переставленной со стационарного на складной переносный штатив. Гидирование велось по звезде с учетом собственного движения кометы. Однако, в отличие от метода Меткофа, вместо микрометра я применил специальную самодельную окулярную сетку. Она представляет собой плоско-параллельную пластинку из органического стекла толщи-

ной 2 мм. На ее поверхности, обращенной к объективу гйда, нанесена система точек, вернее, микроскопических воронок диаметром 0,02...0,04 мм. На **прямолинейной шкале** точки расположены в два ряда с шагом 0,1 мм (что соответствует 32 секундам дуги), а на **шкале углов** — через 5°. Сетка выполнена накалыванием точек остро заточенной иглой с помощью примитивного приспособления к инструментальному микроскопу с координатным столиком. Предусмотрена боковая подсветка, позволяющая видеть в окуляр на темном фоне светящиеся звездообразные точки регулируемой яркости.

Необходимые данные о движении кометы были вычислены заранее и представлены в виде графиков. Средние суточные движения μ (минут дуги в сутки) и позиционные углы P_μ этого движения я определял по приближенным формулам:

$$\bar{\mu} = \frac{\sqrt{(\Delta \alpha \cos \delta_{cp})^2 + (\Delta \delta)^2}}{n}$$

[минут дуги],

$$\operatorname{tg} \bar{P}_\mu = \frac{\Delta \alpha \cos \delta_{cp}}{\Delta \delta}$$

где $\Delta \alpha$ и $\Delta \delta$ — приращения прямого восхождения и склонения кометы за n суток по эфемериде, выраженные в минутах дуги, δ_{cp} — среднее значение склонения за соответствующий промежуток времени.

Я пользовался эфемеридой из книги Н. А. Беляева и К. И. Чурюмова «Комета Галлея и ее наблюдения» (М., Наука, 1985), где положения кометы даны на каждый день ($n=1$). Вычисленные по приведенным формулам μ и P_μ принимались равными мгновенным значениям μ и P_μ на середину соответствующих суток (12 часов всемирного времени).

Вместо суточного движения μ удобно пользоваться временем t , в течение которого изображение звезды должно смещаться на одно деление шкалы сетки в фокальной плоскости гида. Этот промежуток времени можно рассчитать по формуле:

$$t = 2,97 \cdot 10^4 \frac{S}{\mu F} [\text{с}],$$

где S — шаг сетки, F — фокусное расстояние объектива гида.

По этим данным интерполированием или с помощью графиков t и P_μ (я пользовался последним способом) можно определить значения обеих переменных для любого момента времени.

Перед началом фотографирования, выбрав в качестве ведущей ближайшую к комете достаточно яркую звезду, я устанавливал сетку таким образом, чтобы ее линейная шкала составляла угол $P_\mu \pm 90^\circ$ с суточной параллелью, прочерчиваемой в поле зрения окуляра ведущей звездой. Применяя зенитную призму, нельзя забывать о вносимой ею зеркальности изображения. Установку сетки удается сделать с точностью не хуже 1° .

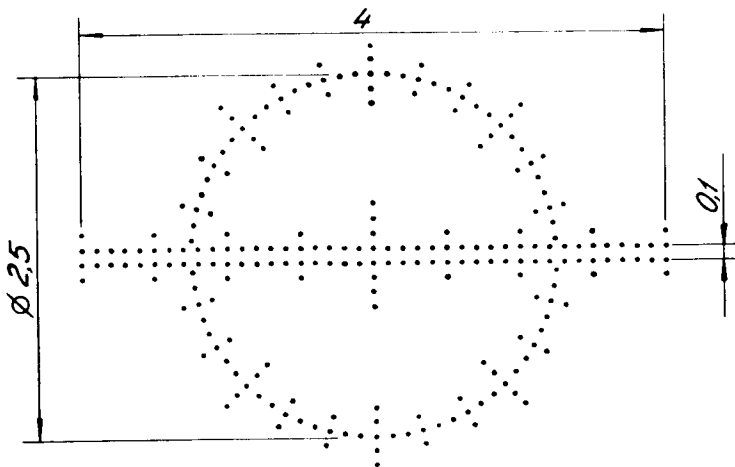
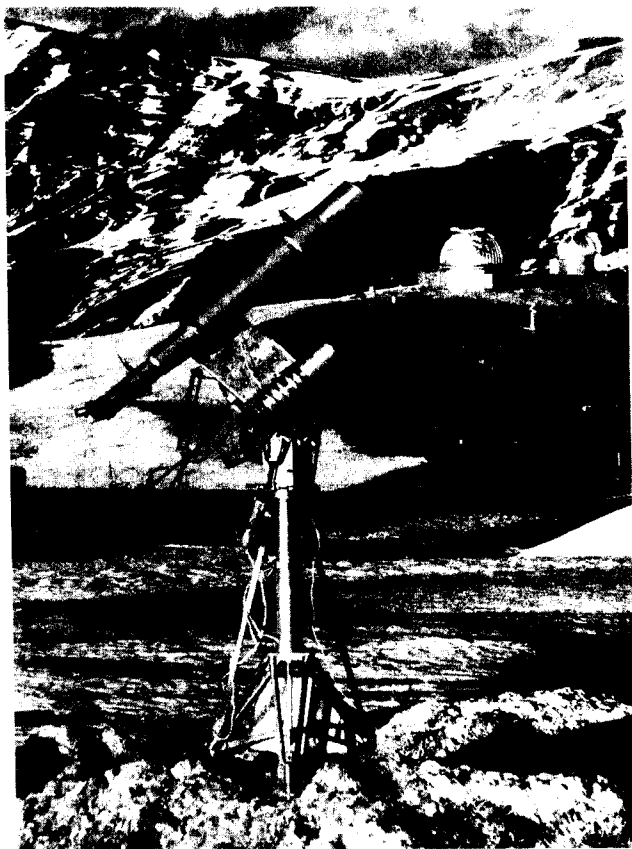
Гидируя, я заставлял изображение звезды двигаться вдоль осевой линии в промежутке между двумя рядами точек линейной шкалы сетки в требуемом направлении с такой скоростью, чтобы за время t оно прошло одно деление шкалы.

Эту работу удобней делать с помощником, но мне пришлось выполнять ее одному.

Описанной здесь «кометной» сеткой я теперь пользуюсь и при фотографировании неподвижных звездных объектов. В этом случае

линейную шкалу я располагаю вдоль суточной параллели.

С. Б. АЛЕКСАНДРОВ
390000, Рязань,
Спортивный пер.,
д. 8, кв. 4



Протуберанц-телескоп

Солнечные затмения так редки, а капризы погоды так непредсказуемы, что у любителя, желающего наблюдать протуберанцы каждый ясный день, нет другого выхода, кроме как построить протуберанц-телескоп по схеме коронографа Бернара Лио.

К несчастью, яркость ореола вокруг Солнца так велика, что просто заслонив Солнце, протуберанцев не увидишь. Но есть одно благоприятное обстоятельство. Ореол рассеивает весь спектр солнечного света от 0,38 мкм до 0,70 мкм. Диапазон составляет 0,32 мкм. А протуберанец светит всего в четырех очень узких водородных линиях, из которых самая яркая H_α содержит примерно половину всего излучения. Значит, если подобрать узкополосный фильтр с полосой пропускания в несколько десятых долей мкм (или даже несколько мкм), то излучение протуберанца уменьшится вдвое, а ореола — во много раз. Например, пусть полуширина полосы пропускания фильтра равна 10^{-3} мкм. Тогда из общей энергии спектра ореола выделится $1/320$ часть, а остальное будет поглощено фильтром. Ореол ослабнет в 320 раз, а протуберанец всего в 2 раза. Значит, его яркость по отношению к ореолу возрастет в 160 раз. Практически при относительно чистом небе яркость ореола меньше и протуберанцы видны с фильтрами с полушириной полосы пропускания в 0,01—0,015 мкм. А если полоса

пропускания еще меньше, то протуберанцы видны даже за кучевыми облаками, пока солнечный диск хоть немного просвечивает! Обычно красные светофильтры, например К-13, непригодны для ежедневных наблюдений протуберанцев — ширина полосы пропускания у них слишком велика. Поэтому обычно используют узкополосные интерференционные фильтры.

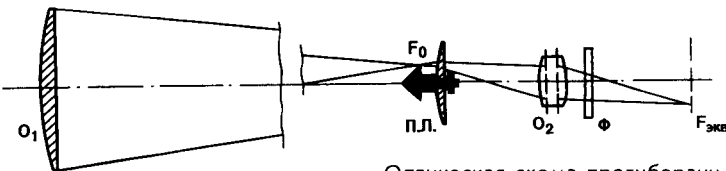
Простейшее приспособление для наблюдения протуберанцев состоит из слабого окуляра, в фокальной плоскости которого установлена искусственная «луна». «Луна» — это коническая латунная или бронзовая заслонка, укрепленная на стойке в центре поля зрения. Диаметр основания заслонки равен или немного больше диаметра солнечного изображения, получаемого в фокусе телескопа. Чтобы получить диаметр основания конуса заслонки, надо умножить фокусное расстояние объектива телескопа на тангенс углового диаметра

Солнца. Интерференционный фильтр устанавливается сзади «луны».

Установив окуляр, с помощью ключей тонких движений мы переводим изображение Солнца на искусственную «луну». К сожалению, яркость изображения Солнца столь велика, что фильтр может перегреться и расколется. Этого не произойдет, если телескоп задиафрагмировать так, чтобы относительное отверстие было не больше $1/25$ — $1/50$.

Если солнечное изображение перекрывается «луной» не полностью, оно слепит глаза. Поэтому на телескопе важно иметь искатель с экраном, на котором очерчено проецируемое изображение Солнца. Наведя изображение Солнца на этот круг, можно начинать наблюдения. Чтобы изображение Солнца не сходило с «луны», очень желателен часовой механизм.

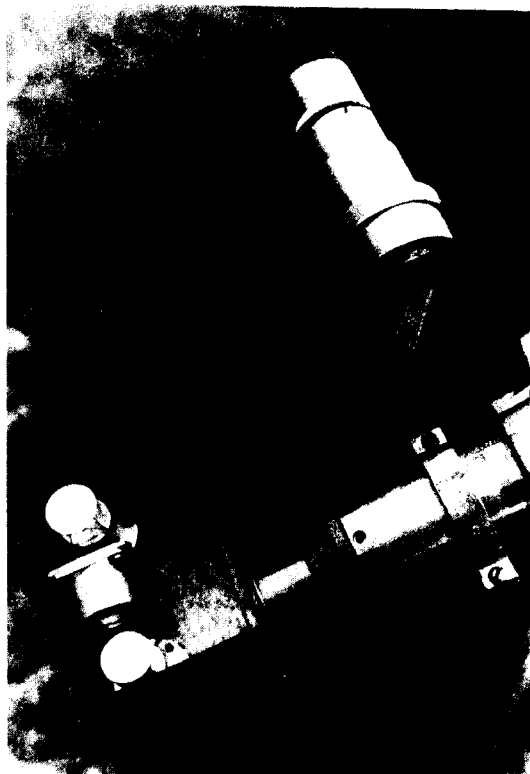
Чтобы получать снимки протуберанцев, надо протуберанц-телескоп несколько усложнить. Это делается с



Оптическая схема протуберанц-телескопа



Снимок солнечного протуберанца, полученный на самодельном протуберанц-телескопе Новосибирского клуба телескопостроителей имени Д. Д. Максимова



помощью промежуточного объектива (объектива переноса изображения), роль которого может играть ахромат диаметром примерно 30 мм и с относительным отверстием в два раза больше относительного отверстия объектива телескопа. Ахромат устанавливается на удвоенном фокусном расстоянии от искусственной «луны». На таком же расстоянии он построит изображение искусственной «луны», окруженной протуберанцами. Перед ахроматом устанавливается диафрагма, которая срезает края изображения объектива телескопа. Это нужно для того, чтобы снизить влияние дифракции на оправе объектива телескопа.

После объектива, переноса изображения, устанавливается интерференционный светофильтр. Чтобы он не перегревался, его нужно поставить ближе к новой фокальной плоскости, где

нагревание минимально. В описанном варианте изображение во втором фокусе того же размера, что и в главном. Можно его сделать в 2—3 раза больше. Для этого надо воспользоваться формулой Гаусса:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a_1} = \frac{1}{f'}$$

где a — расстояние от фокуса телескопа до объектива переноса изображения; a_1 — расстояние от объектива переноса изображения до второго фокуса, где получается совместное изображение протуберанцев и искусственной «луны»; f' — фокусное расстояние объектива переноса.

В 1982 году в Новосибирском клубе имени Д. Д. Максимова построен инструмент для наблюдений протуберанцев. Основную часть работы выполнил школьник Костя Севрюков. Протуберанц-телескоп построен по

Окулярная часть телескопа

схеме коронографа Лию. Его основой послужил 80-миллиметровый школьный рефрактор.

У читателя могут возникнуть вопросы: почему, например, используется обычный ахромат, а не одиночная линза, светорассеяние которой значительно меньше? Почему ничего не сказано об отсутствии на этой линзе малейших оптических дефектов: царапин, точек, пыли? Почему ничего не сказано о диафрагмах внутри трубы? Дело в том, что классический коронограф Бернара Лию предназначался для наблюдений короны. Яркость даже внутренних ее зон невелика. К тому же первоначально коронограф Лию использовался в интегральном

Часовой механизм для школьного рефрактора

Я — постоянный читатель Вашего журнала с 1973 года, увлекаюсь астрономией с 11-летнего возраста. Сейчас мне 28 лет, я — инженер-экономист. И по-прежнему в свободное время занимаюсь любимым делом — наблюдениями звездного неба. Если представленный мною материал имеет интерес для Вашего журнала (в частности, для его раздела «Любительская астрономия»), убедительно прошу Вас поместить написанную мною статью. Ее цель — помочь начинающим любителям в изготовлении часового механизма для большого школьного рефрактора. — В. В. Халаи-мов.

Желание любителя астрономии получать снимки звездного неба с длительными выдержками вполне естественно и понятно. Цели этих работ самые разнообразные — это и поиски новых звезд и комет, и изучение переменности звезд, это и создание собственного фо-



тографического звездного атласа и так далее. Такие работы не только интересны для любителей, но могут принести пользу и профессиональной астрономии.

На базе большого школьного рефрактора ($D=80$ мм), можно построить хороший астрограф. При этом труба телескопа используется в качестве гида. В качестве астрономической фотокамеры я

Школьный рефрактор в павильоне с вращающимся куполом (видна подставка для крепления фотокамеры)

использую малоформатную камеру «Киев-4А» с объективом «Юпитер-11» ($F=135$ мм, $A=1:4$). Для фотографирования звездных по-

свете без узкополосных фильтров, и поэтому было крайне важно не только выполнить все эти требования, но и поднять коронограф на высоту 2—3 км, где яркость ореола совсем мала. Теперь же, когда существуют узкополосные фильтры, да и наша задача ограничена лишь наблюдениями хромосферы с протуберанцами, яркость

которой на порядок выше яркости короны, все эти предосторожности оказываются излишними. Лучше все-таки по возможности все это предусмотреть, особенно если фильтр относительно широкополосный, например с пол- лой пропускания 0,01—0,015 мкм. Эти предосторожности могут сыграть решающую роль, если попы-

таться вести наблюдения с помощью обычного красного фильтра K13, полоса пропускания которого примерно 0,1 мкм. Впрочем, в этом случае на успех можно рассчитывать только при исключительно чистом небе.

Л. Л. СИКОРУК
(630100, г. Новосибирск,
ул. Станиславского д. 7, кв. 45)



Часовой механизм. Видны четыре шестерни (1, 2, 3, 4). Наибольшая из них передает вращение на червяк с помощью медной трубки (М)

лей в малом масштабе (для панорамных снимков) можно использовать объективы «Юпитер-8М» ($F=50$ мм, $A=1:2$) или широкоугольный «Юпитер-12» ($F=35$ мм, $A=1:2,8$). Также в качестве астрокамеры я использую фотоаппарат «Зенит-Е» с телеобъективом «Юпитер-21М» ($F=200$ мм, $A=1:4$). Для

фотографирования метеоров, комет и других объектов с короткими выдержками с «Зенитом» используется светосильный объектив «ЛЭТИ» ($F=92$ мм, $A=1:2$) от проекционного аппарата. Не имея пленок типа А-500 (А-700), я применяю обычную фотопленку — 250 ед. ГОСТа.

Мой телескоп-астрограф установлен стационарно в павильоне с вращающимся куполом. Характеристики двигателя: ДСД-2П1; 50 Гц, 15 ВА, 2 об/мин, ГОСТ 2341-61.

Шестерня 1 насажена на ось двигателя. Шестерни 2 и 3 передают вращение на

выходную шестерню 4 (самого большого диаметра).

Схема редуктора подобрана опытным путем, исходя из следующего: а) двигатель дает 2 об/мин; б) «на выходе» редуктор должен давать вращение $\sim 1/2$ об/мин (с такой скоростью должен вращаться червяк, чтобы часовой механизм обеспечивал плавное и непрерывное слежение телескопа за суточным движением звезд).

Шестерня 4 с помощью медной трубки жестко связана с червяком телескопа.

Скорость вращения двигателя, а следовательно и червяка, невозможно регулировать, изменяя напряжение в сети.

Для того, чтобы телескоп точно навести на ту или иную звезду, надо снять шестерню 3 и с помощью шестерни 4 осуществить тонкое наведение телескопа по часовой оси. Затем шестерня 3 устанавливается на место (на свою ось вращения) и включается часовой механизм. А затем уже включается затвор фотокамеры.

Чтобы слежение было плавным, телескоп должен быть очень хорошо уравновешен по обеим осям.

Мой часовой механизм позволяет получать снимки звездного неба с выдержками до 50 мин. При дальнейшем увеличении выдержки сильно растет вуаль на негативе, теряются слабые объекты за счет ночной подсветки неба городскими огнями.

Хочу обратить внимание и на то, что астрограф можно сделать переносным (например, для экспедиционных работ).

В. В. ХАЛАЙМОВ
(340037, г. Донецк-37,
ул. Кирова, д. 117, кв. 28)

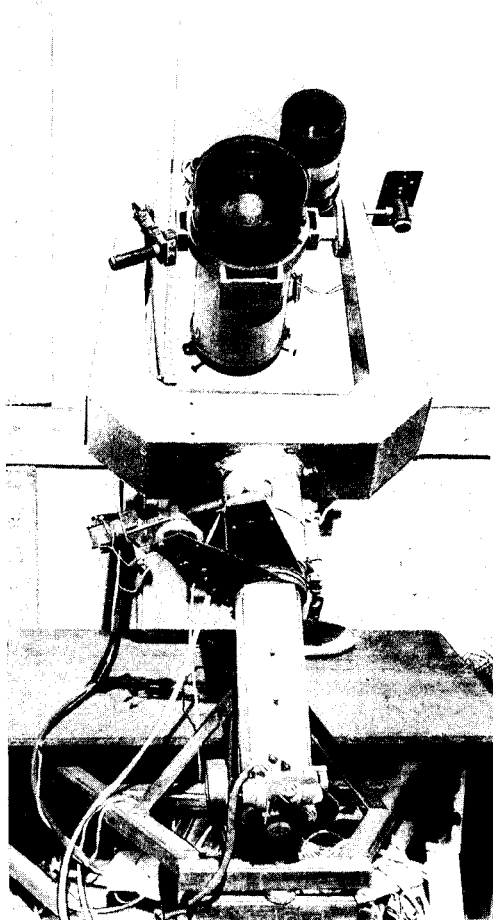
Астрограф с объективом «Уран-12»

Объектив астрографа — светосильный аэрообъектив, применяемый также и для диапроекции, «Уран-12». Его фокусное расстояние 500 мм, а относительное отверстие — $1/2,5$. Гид астрографа — фотообъектив «МТО-1000», который в данном случае используется как визуальный телескоп с увеличением $100\times$. Искатель — зрительная трубка диаметром 35 мм и с полем зрения 6° . Перекрестия гида и искателя имеют регулируемую подсветку.

Кассетная часть астрографа диаметром 190 мм может перемещаться на резьбе вдоль оптической оси астрографа для фокусирования. Кассета форматом 9×12 см была сделана из 2-миллиметрового металлизированного стеклотекстолита. Кассету можно поворачивать на 360° и устанавливать на любой позиционный угол.

Монтировка астрографа вилочная. Вилка была сварена из трехмиллиметровой стали. Для повышения жесткости внутри нее имеются приваренные переборки. При относительно малом весе жесткость вилки достаточно велика.

В стальном 160-миллиметровом корпусе полярной оси установлены два подшипника, в которых свободно вращается 60-миллиметровая толстостенная труба — полярная ось монтировки. На южном (нижнем) конце оси закреплена 180-миллиметровая червячная шестерня с модулем 0,5 и числом зубьев 360. Червячный винт приводится во вращение электродвигателем ДС-1 со встроенным редуктором, который дает на выходном валу двигателя 2 об/мин. Между валом двигателя и червяком имеется дополнительный редуктор (1:8), благодаря которому червячный винт делает 1 оборот за 4 минуты, а полярная ось — 1 оборот за сутки. Северный конец оси выступает из корпуса на 400 мм. Здесь установлены два подшипника, так что вилка может вращаться независимо от червячной пары часового механизма.



Астрограф с объективом «Уран-12». Ниже вилки видны два рычага с механизмом тонких движений по прямому восхождению

Расположив на корпусе полярной оси и на вилке по рычагу из 6-миллиметровой стали, мы получили возможность вносить кор-

Галактика в Андромеде (М 31). Объектив «Уран-12»; пластинка ZU-21. Выдержка 25 мин. Звездная величина наиболее слабых звезд, получившихся на этой фотографии, около 15^m

рекцию во вращение полярной оси. На одном из рычагов установлен электродвигатель РД-09 (1,65 об/мин), который приводит во вращение винт М16. Этот винт вращается на одном конце в обойме, а на втором в гайке. Оба рычага плавно перемещаются друг относительно друга. Чтобы в разных положениях рычагов не происходило заклинивания, гайка и обойма установлены в шариковых подшипниках и могут поворачиваться на $5-7^\circ$. Включая винт коррекции или выключая электродвигатель ДС-1, мы можем вносить поправки в ход часового механизма.

Для грубого наведения по прямому восхождению один из рычагов имеет в своем основании размыкаемый хомут, связанный с вилкой. С помощью винта М12 вилка может освобождаться для поворота или, наоборот, фиксироваться. Подобным образом устроены тормоза и механизм тонких движений и по склонению. Только здесь коррекция производится вручную. Рычаги полярной оси и оси склонений имеют длину 350 и 400 мм (движение производится очень медленно и плавно).

К оправе объектива «Уран-12» приварены две короткие полуоси склонений, которые входят в подшипники, установленные на консолях вилки.

Основание монтировки крепится на бетонном фундаменте, заглубленном на



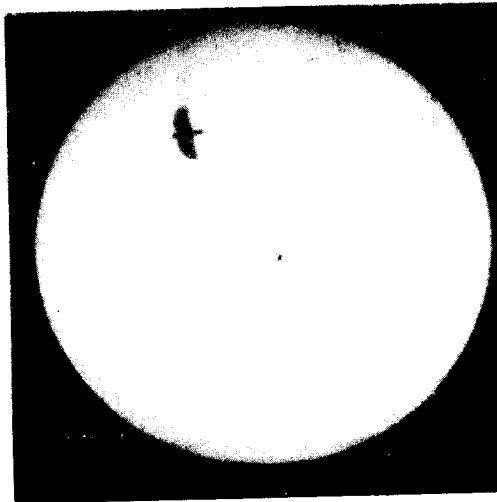
70 см. Наш астрограф работает на высоте 2100 м над уровнем моря близ Кисловодской солнечной обсерватории. Благоприятное расположение астрографа позволяет получать на пластинках ZU-21 хорошие снимки с выдержкой 25—40 мин.

В. Ф. ПАНКИН
руководитель астрономического кружка
Пятигорского Дворца пионеров и школьников
(357532, Пятигорск, Аллея Строителей,
д. 8, кв. 75)

Любительская астрономия

Интересный снимок

В момент съемки Солнца на его диск случайно спроецировался пролетающий мимо скворец. В центре снимка — солнечные пятна. Фотография получена на большом школьном рефракторе фотоаппаратом «Зенит». Автор снимка Халаимов Виктор Валентинович (340037, г. Донецк, ул. Кирова, д. 117, кв. 28):



Читатели нашего журнала уже знакомы с клубом «Сириус» из города Невинномыска Ставропольского края (Земля и Вселенная, 1987, № 1, с. 71). Здесь мы хотим рассказать о некоторых новых работах юных телескопостроителей за прошедшие три года.

ТЕЛЕСКОПЫ

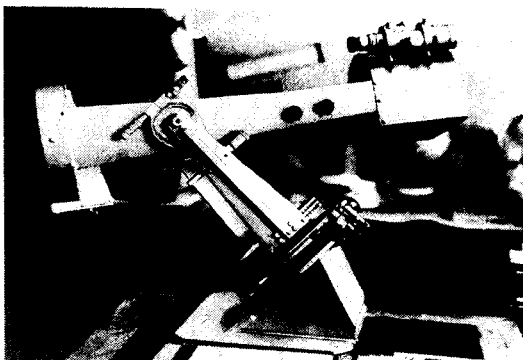
Закончен и введен в действие 215-миллиметровый телескоп системы Ньютона (ТАЛ-8). Этот инструмент предназначен для экспедиционных наблюдений, и перед юными конструкторами уже в начале работы встала задача: как сделать массу и размеры телескопа минимальными, не потеряв при этом его жесткости и устойчивости?

Решили детали монтажки сделать особой, наиболее рациональной, формы и изготовить их из алюминиевых сплавов. Исключение составили два конических подшипника, крепеж и некоторые мелкие детали.

Главное зеркало телескопа имеет сравнительно небольшую толщину — 20 мм — и разгружено в оправе на 9 точек. Благодаря этому удалось в два раза снизить его массу и сократить время «отстоя» при изменении температуры (например, после выноса инструмента из теплого помещения на улицу). Применение светосильной оптики ($V=3,75$) позволило уменьшить длину трубы.

Телескоп устанавливается на паралактической вилочной монтажке, которая после наблюдений разбирается на 3 блока и укладывается вместе с оптической частью в прочный деревянный ящик — футляр, служащий одновременно и основанием телескопа во время наблюдений. Размеры ящика (60×42×34) см, масса его вместе с телескопом — 25 кг.

Наиболее активное участие в создании этого инструмента приняли учащиеся В. Исаенко и Л. Джафарханов. У ребят в процессе работы накопился большой опыт, которым они готовы поделиться со всеми любителями телескопостроения.



215-миллиметровый телескоп системы Ньютона (ТАЛ-8), построенный членами клуба «Сириус»

Завершена работа по созданию светосильного менискового телескопа ($D=260$ мм, $V=2,83$) для наблюдения небулярных объектов (туманностей, комет и других). Расчет, конструирование и изготовление деталей телескопа потребовало решения ряда сложных для нас проблем. Например, при изготовлении мениска из заготовки стекла К-8 требовалось сошлифовать более 6 кг стекла, выдержать с высокой точностью заданные величины радиусов кривизны поверхностей, их соосность и толщину мениска.

Активный член нашего клуба Сергей Бирюк закончил тонкую шлифовку 360 мм зеркала для будущего телескопа системы Ричи-Кретьена.

Изготовленные к настоящему времени в клубе телескопы используются для визуальных и фотографических наблюдений различных астрономических объектов. Ведутся регулярные наблюдения Солнца.

ТЕНЕВЫЕ ПРИБОРЫ

Опыт подсказывает, что строительство телескопа надо начинать с постройки хорошего теневого прибора. Не стоит экономить время на этом, чтобы не терять

его на переделку зеркала, когда уже законченный телескоп станет давать плохие изображения.

В клубе «Сириус» построены три теневых прибора. Их основой служит комбинированная головка, позволяющая вести исследования с помощью щели и нити, а также щели и ножа.

Источником света в теневом приборе служит лампа от карманного фонаря напряжением 2,5 В, которая питается через переменный резистор сопротивлением 10 Ом от трансформатора к детским электронным игрушкам.

Свет через две плосковыпуклые линзы конденсатора ($D=15$ мм и $F=30$ мм) и 90-градусную призму попадает на щель. Расстояние между щелью и ножом (они сделаны из лезвия безопасной бритвы) должно быть как можно меньше. В наших приборах оно составляет 2—5 мм. Нить прибора установлена в одной плоскости со щелью и краем ножа на расстоянии 1—2 мм от лезвия. Для повышения контраста теневой картины толщина нити должна быть равна ширине щели.

Для механизма движений **первого** из наших теневых приборов мы использовали детали от старого фотоаппарата «Фотокор-1». Это позволило нам перемещать комбинированную головку вдоль оси с точностью до 0,05 мм, поперек оси на 50 мм и выполнять тонкие движения вверх. Кроме того, головку можно наклонять.

Теневой прибор с горизонтально расположенной щелью чутко реагирует на всевозможные помехи и вибрации, поэтому в двух других приборах щель, нож и нить мы расположили вертикально. Во **втором** приборе имеется лампочка для предвари-

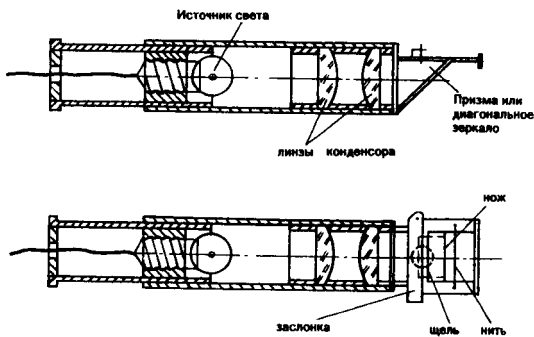
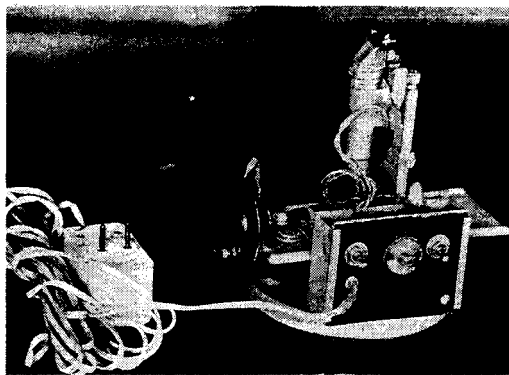
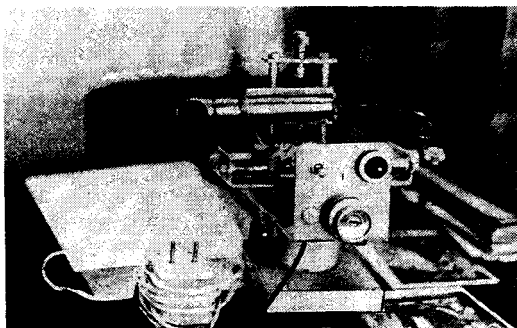


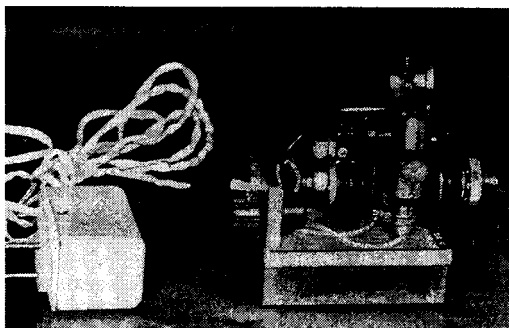
Схема комбинированной головки теневого прибора



Теневой прибор, выполненный на основе фотоаппарата «Фотокор»



Теневой прибор, в котором щель, нож и нить располагаются вертикально



Последняя модель теневого прибора

тельной настройки на пучок света, встроен желто-зеленый фильтр и установлено кольцо для окуляра или объектива микроскопа. Продольные перемещения измеряются с точностью 0,01 мм.

Третий теневой прибор отличается компактностью, меньшей массой и при этом полностью сохраняет преимущества предыдущих. Его основой стали детали списанного телеграфного аппарата с точными винтами для продольного и поперечного перемещений. Все три прибора имеют массивные основания, на нижнюю поверхность которых для повышения устойчивости наклеена шерстяная ткань. Это исключает неустойчивость.

ОКУЛЯР-МИКРОСКОП

При исследовании астрономических зеркал, особенно светосильных, любители часто не могут выполнить окулярную пробу из-за отсутствия достаточно сильного окуляра. В этих случаях нас выручает окуляр-микроскоп, который легко может сконструировать каждый, используя имеющиеся в продаже объективы и окуляры от микроскопа. Так, изготовленный в клубе «Сириус» окуляр-микроскоп имеет объектив 20* и окуляр 15*. Это при длине тубуса 5 см обеспечивает увеличение около 100*,

что эквивалентно фокусному расстоянию окуляра 2,5 мм. Если фокусное расстояние зеркала телескопа 1000 мм, то такой окуляр даст увеличение 400*, что позволит уверенно наблюдать дифракционную картину светящейся точки (звезды) при диаметре зеркала до 200 мм.

Коллективными усилиями членов клуба изготовлено точное сферическое зеркало $D=215$ мм для исследования и контроля плоских зеркал, а также точная плоскость диаметром 320 мм с отверстием. После изготовления этой плоскости и оптической скамьи, ребята могут контролировать качество изготавливаемой оптики в автоколлимационной схеме.

Сергей Баков, Владимир Свиначев восстановили списанный шлифовально-полировальный станок 2ШП-250, что позволило механизировать процесс шлифовки и полировки изготавливаемой оптики.

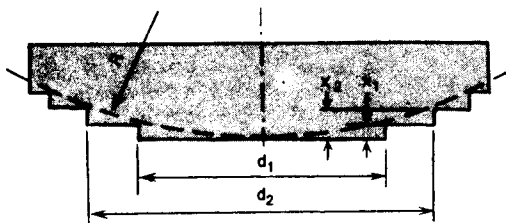
Завершается работа по монтажу установки для нанесения отражающих зеркальных покрытий.

Н. П. ВАСИЛЕНКО,
руководитель клуба «Сириус»
(357030, Ставропольский край,
г. Невинномысск, ул. Павлова,
дом 16, кв. 20)

Любительское телескопостроение

При изготовлении зеркал для рефлекторов и любители, и профессионалы широко пользуются металлическими шлифовальниками. Однако, если профессионалы применяют в основном шлифовальники с плавно выточенной поверхностью, то любители используют в своей работе более грубый вариант шлифовальника — **ступенчатый**. Такой шлифовальник выточить намного легче, а дает он практически те же результаты, что и шлифовальник с плавной поверхностью. При этом огибающая ступенек — это поверхность параболоида или сферы заданного радиуса кривизны.

Чтобы выточить ступенчатый шлифовальник, нужно рассчитать диаметры ступенек. Задача эта легко решается с помощью калькулятора. Ниже предлагаются две программы — соответственно для вычисления ступенек параболического и сферического шлифовальника¹. Программы предназначены для микрокалькуляторов «Электроника МК-52» и «Электроника МК-61». Владелец «Электроники БЗ-34» и других микрокалькуляторов, не имеющих команды $K\{x\}$, сумеют без труда приспособить программы к своим калькуляторам за счет небольшого удлинения программ. Заметим, что на практике значение d_i и разность $D_0 - d_i$ округляются с точностью до 0,1 мм. Обе программы это обстоятельство учитывают.



¹ Алгоритм вычислений заимствован из книги Л. Л. Сикорука «Телескопы для любителей астрономии» (М.: Наука, 1990).

Программа 1. Параболический шлифовальник

00. ИПВ	13. $F \frac{1}{x}$	26. 0
01. x	14. —	27. $\div$
02. ИПС	15. $Fx \geq 0$	28. ИП1
03. x	16. 22	29. +
04. 8	17. (—)	30. С/П
05. x	18. FBx	31. ИПА
06. $F\sqrt{\quad}$	19. +	32. ХУ
07. П1	20. БП	33. —
08. 1	21. 25	34. С/П
09. 0	22. (—)	
10. x	23. FBx	
11. $K\{x\}$	24. —	
12. 2	25. 1	

Программа 2. Сферический шлифовальник

00. ↑	13. —	26. FBx	39. ИГА
01. ИПВ	14. $F\sqrt{\quad}$	27. +	40. ХУ
02. x	15. П1	28. БП	41. —
03. ИПС	16. 1	29. 33	42. С/П
04. x	17. 0	30. (—)	
05. 8	18. x	31. FBx	
06. x	19. $K\{x\}$	32. —	
07. ХУ	20. 2	33. 1	
08. ИПС	21. $F1/x$	34. 0	
09. x	22. —	35. $\div$	
10. Fx^2	23. $Fx \geq 0$	36. ИП1	
11. 4	24. 30	37. +	
12. x	25. (—)	38. С/П	

i	d_i , мм	$D_0 - d_i$, мм	i	d_i , мм	$D_0 - d_i$, мм
1	37,9	112,1	11	125,9	24,1
2	53,7	96,3	12	131,5	18,5
3	65,7	84,3	13	136,8	13,2
4	75,9	74,1	14	142,0	8,0
5	84,9	65,1	15	147,0	3,0
6	93,0	57,0			
7	100,4	49,6			
8	107,3	42,7			
9	113,8	36,2			
10	120,0	30,0			

Порядок работы с программами 1 и 2 одинаков. После ввода программы, заносим в регистр РА значение диаметра шлифовальника D_0 мм, в регистр РВ — радиус кривизны R мм (напоминаем, что $R = 2f$, где f — фокусное расстояние), в регистр РС — выбранную высоту ступеньки x мм. Далее в регистр РХ вводим значение $i = 1$. Нажимаем клавиши В/О и С/П — на инди-

каторе высвечивается значение d_i . Еще раз нажимаем С/П. На индикаторе — разность $D_0 - d_i$. Точно так же вычисляем d_i и $D_0 - d_i$ для других значений i , равных 2, 3, 4 и т. д. Вычисления можно считать законченными, когда d_i станет больше D_0 , а разность $D_0 - d_i$ меньше нуля. Время вычисления d_i по первой программе около 8 с, по второй программе — 10 с; разность $D_0 - d_i$ в обоих случаях вычисляется примерно через 2 с.

Подробно технология изготовления ступенчатого шлифовальника изложена в книге Л. Л. Сикорука. В этой статье мы ограничимся небольшим примером с пояснениями.

Пусть требуется изготовить ступенчатый шлифовальник для обработки параболического зеркала диаметром 150 мм с фокусным расстоянием 900 мм. Выберем высоту ступеньки равной 0,1 мм. Действуя как было описано выше, получаем 15 значений d_i , которые заносим в таблицу. Для $i=16$ значение d_{16} равно 151,8 и разность $D_0 - d_{16}$ составляет — 1,8, поэтому в таблицу они уже не записываются.

При вытачивании шлифовальника на токарном станке удобнее пользоваться не размером диаметра ступеньки, а именно разностью $D_0 - d_i$, которая является одновременно величиной поперечной подачи резца.

Высота ступеньки обычно определяется минимальным расстоянием, на которое можно точно сдвинуть резец при обработке детали. У большинства токарных станков это расстояние равно 0,05 мм. Однако с ростом x уменьшается количество ступенек, а значит упрощается изготовление шлифовальника. Поэтому не всегда следует стремиться к минимальной высоте ступеньки, доступной для данного станка при вытачивании шлифовальника. В нашем примере высота ступеньки была выбрана равной 0,1 мм, а при изготовлении сферических поверхностей большой кривизны, скажем, поверхностей менисков, она может достигать 0,5 мм и более.

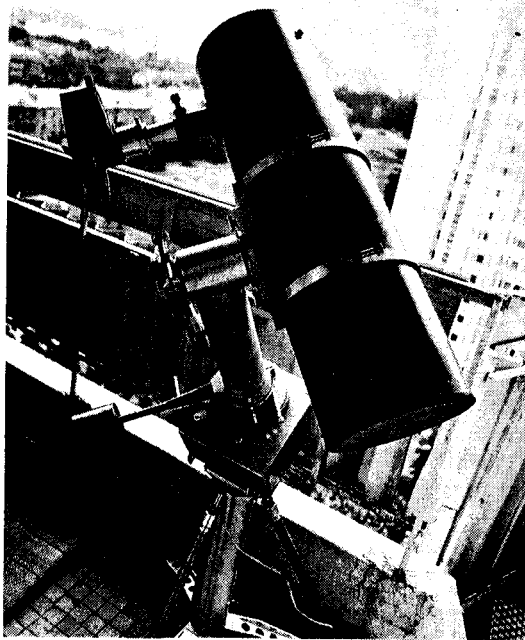
В. Ю. КАЗНЕВ,
(650099, г. Кемерово, ул. Д. Бедного,
д. 13, кв. 13)

Параллактические монтажки двух телескопов

Свой телескоп системы Ньютона с диаметром зеркала 180 мм и F-805 мм я установил на монтажке с опущенным противовесом. Такая конструкция позволяет добиться при минимальной массе (для монтажек несимметричного типа) максимальной жесткости. Установка хорошо противостоит случайным нагрузкам, порывам ветра, прикосновениям к микрометренным винтам, небольшой разбалансировке и т. д. Кроме того, можно наблюдать светила, проходящие меридиан без перекладки телескопа на 12 час по прямому восхождению и на 180° по склонению как при наблюдениях на монтажке классического немецкого типа.

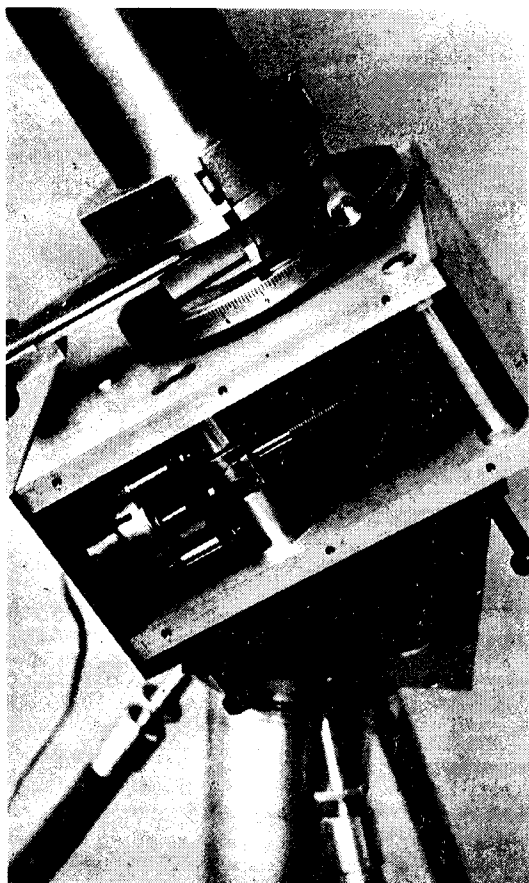
Телескоп состоит из трех основных частей: колонны с опорами, параллактической головки и собственно трубы телескопа. В такой последовательности установка выносится на балкон и там собирается. Поскольку телескоп предназначен для наблюдений из одного географического пункта, то угол наклона полярной оси не регулируется. Диаметры стальных осей в самых нагруженных местах 75 мм, а диаметр ведущей шестерни около 160 мм, поэтому монтажка может нести телескоп с диаметром зеркала до 300 мм. Монтажка имеет электропривод полярной оси. Его основу составляет синхронный электродвигатель со встроенным редуктором, имеющий на выходном валу скорость 2 об/мин. Двигатель с понижающим редуктором соединен с червяком и выделен в один узел. Он крепится в полуосях с подшипниками. На весь этот узел действует пружина, прижимающая червяк к ведущей шестерне. Усилие пружины регулируется винтом и тем самым обеспечивается равномерный ход ведущей шестерни и отсутствие люфта между шестерней и червяком.

Узел полярной оси сделан таким образом, что перекладка и микрометрен-



180-миллиметровый телескоп системы Ньютона

ные движения телескопа производятся без отключения электропривода, а также без отключения червяка от шестерни. Это дало возможность сделать пользование кругом прямых восхождений более удобным. Если установка телескопа по широте и меридиану выполнена правильно, то для установки координатных кругов достаточно навести телескоп на светило с известными координатами и выставить эти координаты на соответствующих кругах при включенном часовом механизме. После этого круг прямых восхождений будет идти по звезд-

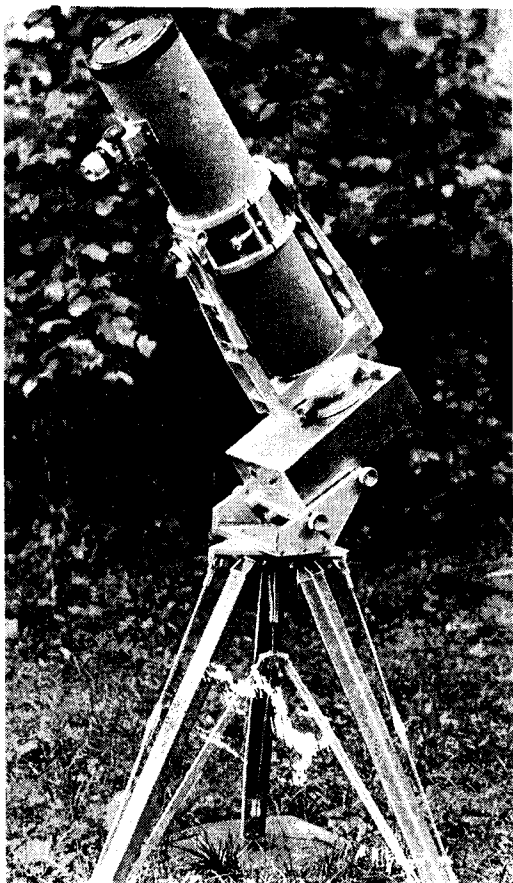


Параллактическая головка с электроприводом

ному времени и телескоп можно будет наводить на небесные объекты по их координатам, взятым прямо из каталога без предварительного пересчета.

Для фотографирования Луны используется среднеформатная фотокамера «Киев 66». Проекционным объективом служит объектив от микроскопа с фокусным расстоянием 10 мм (увеличение окулярной камеры $15\times$). Фотографирование планет проводится фотокамерой «Зенит» с той же проекционной системой. Сильная засветка неба в Москве не позволяет фотографировать в прямом фокусе.

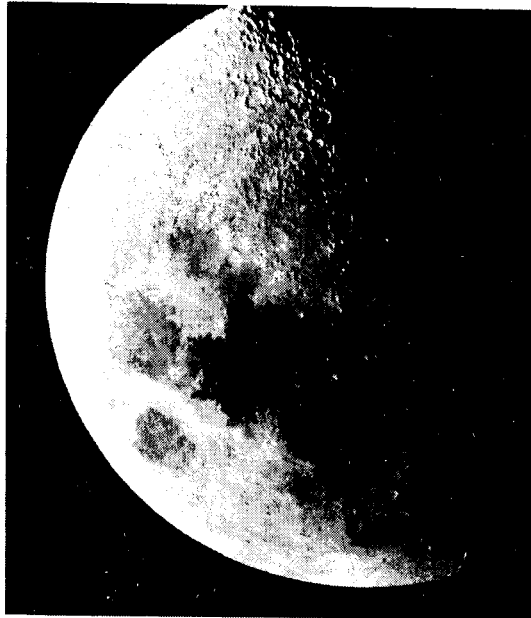
Для наблюдений во время поездок (за город, в отпуск и т. д.) я сконструировал и построил телескоп с диаметром зеркала 110 мм и фокусным расстоянием 540 мм. Телескоп предназначен только для визуальных наблюдений, но может работать как гид при фотографировании неба стандартными фотокамерами «Киев 66» и «Зенит». Монтровка телескопа вилочного ти-



110-миллиметровый экспедиционный телескоп

па. При ее конструировании и изготовлении основной целью было достижение необходимой жесткости при минимальной массе, поэтому везде, где только можно (без ущерба для жесткости), делались освобождения и технологические окна.

Телескоп снабжен электроприводом полярной оси. Как и в предыдущей монтровке мотор с редуктором и червяком выделен в отдельный узел, но, в отличие от первой монтровки, здесь постоянное зацепление червяка с ведущей шестерней происходит под действием силы тяжести самого узла. Чтобы червяк не отходил от шестерни при транспортировке и сборке, его свободный ход, параллельный оси винта (в неопасном направлении), не превышает 0,3 мм и ограничен стопором. В рабочем положении такая система установки червяка обеспечивает постоянный контакт червяка с шестерней и полное отсутствие люфта. Монтровка снабжена



Снимки Луны, полученные на 180-миллиметровом телескопе

микрометренными винтами и разделенными кругами на обеих осях. Принцип работы микрометричного винта по прямому восхождению такой же, как и в предыдущей монтировке, т. е. коррекция и перекладка телескопа производится при включенном электроприводе независимо от него.

Поскольку этот телескоп предназначен для наблюдений в разных местах (т. е. на разных широтах), то наклон полярной оси можно менять для широт от 20 до 65°.

Штативом для телескопа служит тренога. Ее конструкция не совсем обычна. При малой массе (около 3 кг) она чрезвычайно устойчива. Это достигается тем, что все элементы конструкции, кроме основания, — **стержневые системы** и работают практически только на сжатие и растяжение. Тренога легко складывается. Для этого достаточно вращать последовательно тендеры вправо для раскладывания, влево — для складывания. При раскладыва-

нии треноги тендерами создается предварительное напряжение, дающее необходимую жесткость всей конструкции.

Такую конструкцию треноги можно смело рекомендовать для переносных любительских телескопов с диаметром зеркала до 300 мм, применяя для опор трубы прямоугольного сечения в соответствии с массой телескопа и увеличив соответственно сечение растяжек. Сборка телескопа занимает не более 3—4 мин. Масса телескопа с монтировкой около 10 кг. Для хранения и транспортировки телескоп с монтировкой укладывается в фанерный ящик с ложементами. Габаритные размеры ящика 795×515×240, масса ящика с телескопом около 18 кг.

А. Н. КРЫЛОВ

121351
Москва
Кунцевская ул.
дом. 217, кв. 239

«Алькор» — гид и астрограф

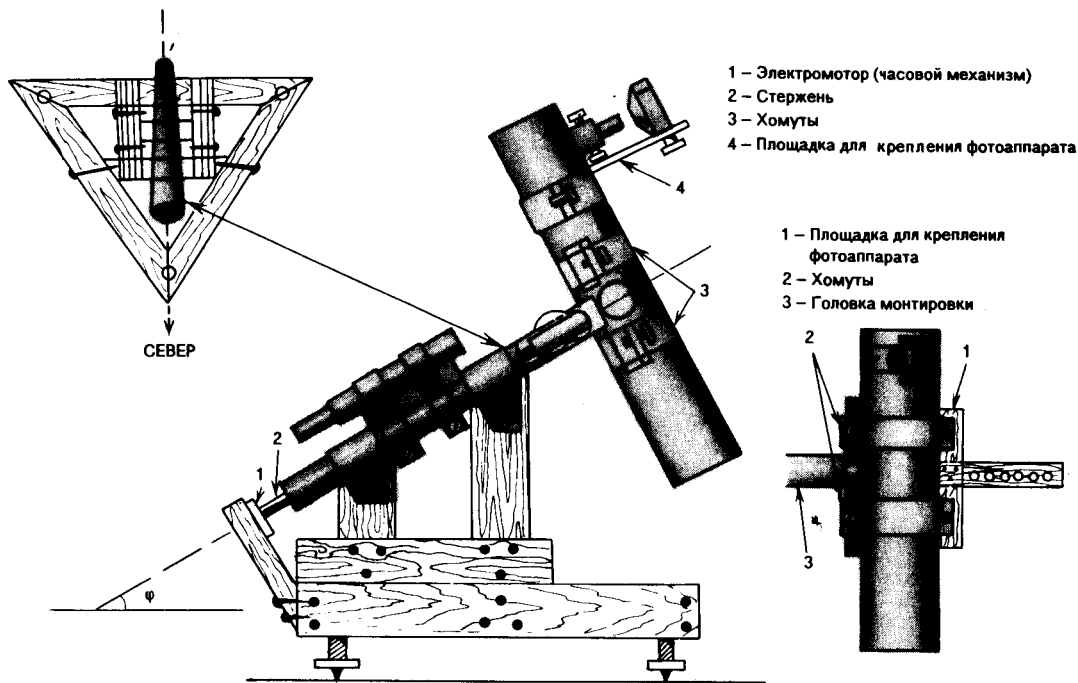
Как известно, телескоп-рефлектор «Алькор» имеет азимутальную установку, и чтобы можно было фотографировать небесные объекты, многие любители по своему усмотрению переделывают монтировку в экваториальную (Земля и Вселенная, 1984, № 6, с. 60; 1988, № 6, с. 74.— Ред.). Не избежал этого и я, решив использовать «Алькор» в качестве гида и астрографа.

Основание экваториала (стойку) я сделал из деревянных брусков, соединив их в виде равностороннего треугольника, в вершинах которого установил регулировочные линзы. Внутри треугольника, на некотором расстоянии друг от друга перпендикулярно основанию прибил два бруска, в верхних

концах которых сделал срез под углом, равным широте места наблюдения. На этих брусках дюралюминием толщиной 1,5 мм прикрепил стойку самого телескопа. Стойка теперь стала полярной осью, на которой я установил (строго параллельно) зрительную трубу с крестом нитей для точной наводки. Увеличение трубы $20\times$.

Для удобства я прикрепил трубу телескопа к головке монтировки двумя хомутами. К ним с правой стороны крепится еще и площадка для фотоаппарата. Теперь труба может вращаться в хомутах и окуляр можно установить в любом удобном для гидирования положении.

Чтобы иметь возможность фотографи-



Простой астрограф

Рано или поздно любители от простых визуальных наблюдений переходят к астрономической фотографии. Выбор конструкции будущего астрографа связан с трудностями: часто нет подходящей оптики, из-за больших габаритов и веса трудно решиться на строительство крупномасштабного астрографа, неясно, как соорудить часовой привод, который для большого астрографа представляет собой сложный механизм.

Предлагаю конструкцию астрографа, построенного мной и успешно работающего уже более двух лет.

Объектив астрографа — обычный проекционный кинообъектив 35КП 140/1,8 фирмы ЛОМО, $f=140$ мм, $D=75$ мм. Этот объектив

можно попытаться приобрести в киноремонтных мастерских. Качество изображения на поле поперечником 6° составляет $0,02—0,025$ мм. За пределами этого поля появляется небольшой астigmatизм. Если им пренебречь, то поле увеличится до 8° . Таким образом высококачественное изображение получается на поле поперечником 15 мм, а на поле поперечником 20—22 мм получается хорошее изображение. Это соответствует самым жестким требованиям к фотографическому объективу. Разрешающая способность объектива равна 70 линий на миллиметр.

Предельная звездная величина на пленке «Фото-250» при выдержке 4 минуты

ровать с большими выдержками, микрометрический винт по прямому восхождению пришлось несколько удлинить. Благодаря этому я могу экспонировать до 40—45 мин, а, возвратив винт в исходное положение, могу продолжать гидирование.

Фотографирую небо фотоаппаратом «Зенит» с объективом «Юпитер 37-А» (фокусное расстояние 135 мм, относительное отверстие 1:3,5). При желании можно применять и более длиннофокусные объективы. Оптическая ось фотоаппарата может изменять наклон относительно оптической оси телескопа по прямому восхождению на $60—70^\circ$, а по склонению — 10° . Во время гидирования в окуляр (с увеличением $100\times$) вставляется крест нитей. Ведущую звезду во время гидирования надо немного расфокусировать, так, чтобы она приняла вид светлого кружка с темным пятном в центре. Несмотря на скромные характеристики объектива «Юпитер 37-А» при отличных атмосферных условиях с пленкой «Фото 250» за 30—40 мин удалось получать изображения звезд до $13,5—14^m$.

Для достижения на снимках дополнительного «драматизма», как выразился Л. Л. Сикорук в своей прекрасной книге «Любительская астрофотография», — можно получить лучи от ярких звезд. Для этого надо из полосок бумаги (шириной

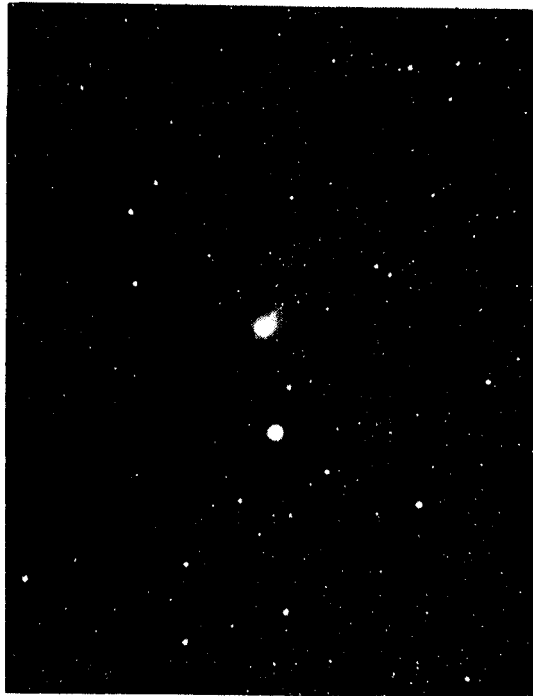
не более 1 мм) сделать крест и надеть его на объектив фотоаппарата.

Потом я решил снимать Солнце, Луну и планеты. В моем распоряжении был электрический моторчик заводского изготовления, делающий 1 оборот за 24 часа. Выходной вал моторчика я соединил с полярной осью. Такой «часовой механизм» из-за больших погрешностей не очень удобен для фотографирования звезд при длительных выдержках, но вполне подходит для съемок Луны и планет, где они не требуются. При этом объектив из фотоаппарата вывинчивается, а окуляр телескопа остается на месте. Фотоаппарат укрепляется за окуляром с помощью кронштейна с хомутом. Солнце я снимаю через окулярный темный светофильтр, а чтобы светофильтр не лопнул от перегрева, на верхний конец трубы надеваю диафрагму диаметром около 30 мм.

Диск Луны и Солнца лучше снимать без линзы. При съемках планет, а также подробных съемках Луны и Солнца, надо применять окуляр с линзой Барлоу. Выдержка во всех случаях для каждого объекта подбирается опытным путем.

Ш. САТУЕВ

366501, ЧИАССР, Урус-Мартановский район, с. Алхан-Юрт, ул. Ленина, дом 5)



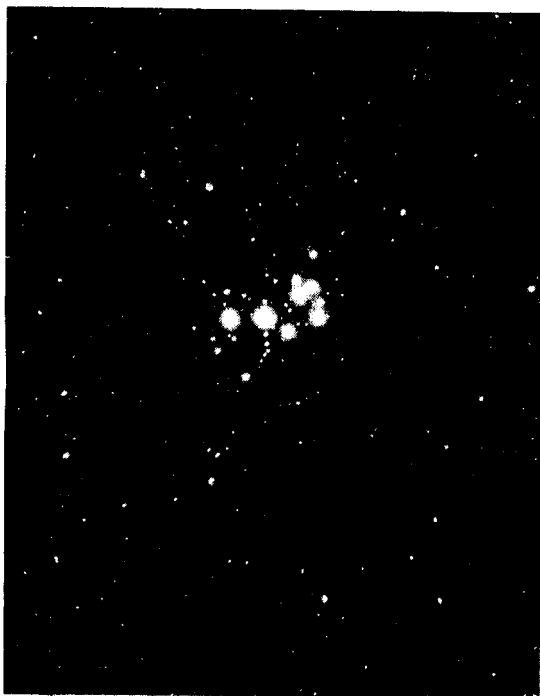
а

равна $11,0 - 11,2^m$. Для протяженных объектов она чуть меньше — $10,2 - 10,5^m$. На пленке «А-600Н» без гиперсенсибилизации при выдержке 3 минуты регистрируются звезды $11,5 - 12,0^m$ и протяженные объекты до $11,0 - 11,5^m$. При прозрачном и незасвеченном небе предельная выдержка для пленки «А-600Н» составит 8 мин, и астрограф зарегистрирует звезды до $13,0^m$.

Для гидирования астрографа имеется гид-рефрактор с перекрестием в поле зрения. Его диаметр 75 мм, а фокусное расстояние 645 мм, применяемое увеличение составляет $40\times$. Точность гидирования $\pm 30''$.

Я использую корпуса серийных камер «ФЭД» или «Зенит», хотя можно применять практически любую малоформатную камеру. Объектив крепится к камере с помощью переходных втулок из латуни. Для фокусировки имеется резьба. Фокусировал астрограф я с помощью $100\times$ микроскопа во время сборки и юстировки прибора, по изображениям звезд. В дальнейшем объектив фиксируется винтами и не фокусируется во время работы.

Вилка велосипеда служит основой монтировки. По прямому восхождению астрограф ведется электродвигателем постоянного тока через редуктор и фрикционную передачу. Большой диск фрикционной передачи насажен на полярную ось. Фрикционная передача позволяет наводить астрограф без отключения часового механиз-



б

Снимки, полученные с помощью астрографа с проекционным кинообъективом. а) Комета Леви 25 августа 1990 г. б) Плеяды (в обоих случаях использовалась пленка «А-600Н»)

ма. Коррекция осуществляется поворотом корпуса промежуточного планетарного механизма. Тонкую коррекцию можно сделать поворотом ручки потенциометра, регулирующего напряжение в цепи. По склонению астрограф корректируется червячной парой с передаточным числом 100.

За ночь астрографом можно снять несколько десятков кадров, т. к. предельная выдержка составляет всего 8 мин. Если использовать для патрульных фотографий изображения на краю поля ($5,5 \times 5,5^\circ$), астрограф можно применить для поиска комет, астероидов, регистрации переменных звезд.

Небольшой вес (10 кг) и малые габариты, простота сборки и разборки, питание электродвигателя от батареи или аккумулятора (8—10 вольт) позволяют использовать астрограф в загородных экспедициях.

В. А. КАШИРИН
(Краснодарский край, г. Тихорецк,
ул. Чапаева, д. 60)

Изготовление выпуклого гиперболического зеркала

В клубе телескопостроителей «Сириус», о котором мы уже рассказывали (Земля и Вселенная, 1987, № 1, с. 71.— Ред.) освоен метод изготовления точного гиперболического зеркала для телескопов системы Кассегрена по предварительно изготавливаемой вогнутой гиперболической поверхности заданного эксцентриситета (e).

Опыт членов клуба подтверждает оптимальность применения этого метода для любительских телескопов с диаметром главного зеркала до 400 мм, так как при этом отпадает необходимость изготовления крупной вспомогательной оптики (сферы Хиндла или автоколлимационного плоского зеркала), а также оптической скамьи.

Метод заключается в интерференционном испытании выпуклого гиперболического зеркала с помощью вогнутого гиперболического эталона. Испытания проводятся наложением выпуклого гиперболоида на вогнутый эталон. Как изготовить этот эталон?

Известно, квадрат эксцентриситета гиперболического зеркала зависит от параметра его положения в оптической схеме:

$$e^2 = \left(\frac{1+\beta}{1-\beta} \right)^2, \quad (1)$$

здесь $\beta = \frac{f_1}{f_{\text{экв}}}$; где f_1 — фокусное расстояние главного зеркала, $f_{\text{экв}}$ — эквивалентное фокусное расстояние системы.

Аберрация для различных зон вогнутого гиперболоида при исследовании из центра кривизны с помощью теневого прибора, в котором щель и нить (или нож) перемещаются вместе, можно определить по формуле:

$$\Delta R_n = \frac{Y_n^2}{2R_0} \cdot e^2, \quad (2)$$

где Y_n — радиус зоны, R_0 — радиус кривизны при вершине зеркала.

Любителю, изготовившему главное параболическое зеркало телескопа, не составит большого труда изготовить вогнутое гиперболическое

зеркало, удовлетворяющее условию (2). Нет никакой необходимости добиваться высокой чистоты полировки, важнее достичь хорошего приближения к расчетной поверхности гиперболоида.

В качестве заготовки выпуклого гиперболического зеркала используется шлифовальный вогнутого зеркала. После полировки выпуклого зеркала производится его фигуризация. Контроль поверхности осуществляется по форме полос интерференции при наложении одного зеркала на другое. Прямые широкие полосы интерференционной картины свидетельствуют о точном совпадении поверхностей. Накладывание одного зеркала на другое необходимо производить строго соосно, без смещения, соблюдая чистоту для предотвращения царапин.

Н. П. ВАСИЛЕНКО
руководитель клуба «Сириус»
(357030, Ставропольский край,
г. Невинномысск, ул. Павлова,
16, кв. 20)

Самодельный телескоп «Сатурн»

Этот телескоп изготовлен членами секции телескопостроения Горьковского отделения ВАГО А. Белухиным, Л. Ткаченко и А. Тананакиным под руководством В. А. Балакина и демонстрировался на ВДНХ СССР.

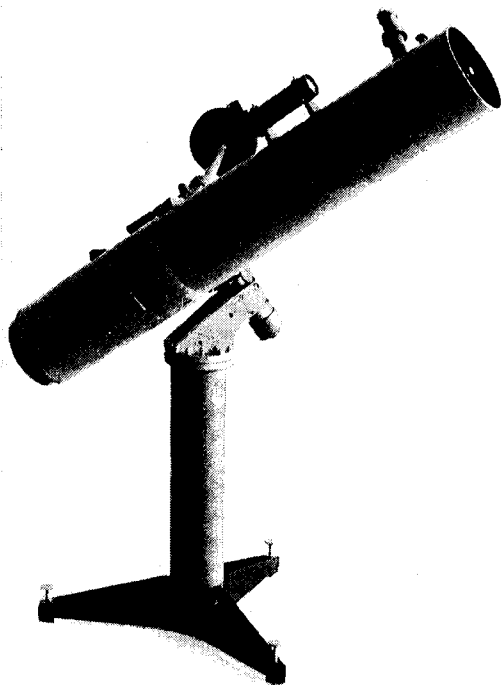
Телескоп построен по схе-

ме Ньютона, диаметр его главного зеркала составляет 135 мм, фокусное расстояние — 1080 мм. При транспортировке «Сатурн» легко разбирается на три части.

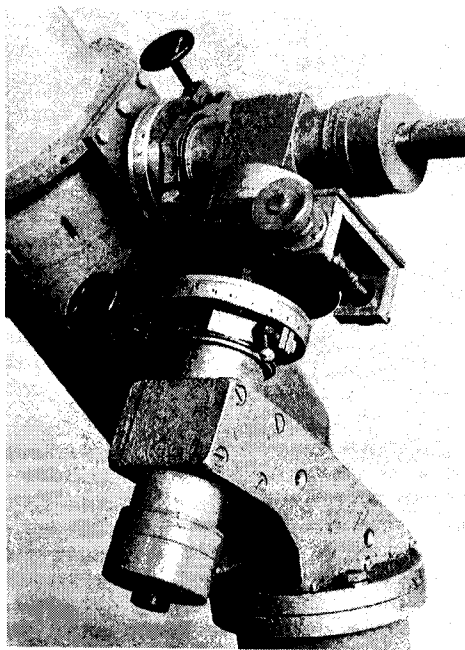
Главное зеркало изготовлено из стеклянного диска толщиной 20 мм. Покрывать

нанесено методом испарения алюминия в высоком вакууме. Для исключения деформации зеркала в оправе предусмотрены три точки опоры на тыльной стороне зеркала и три по его периметру.

В телескопе использованы



Телескоп «Сатурн», изготовленный членами астрономического кружка А. Белухиным, А. Тананакиным и Л. Ткаченко (руководитель В. А. Балакин)



Механическая часть телескопа



Снимки, полученные с помощью телескопа «Сатурн» а) Луна, б) Туманность Андромеды

две призмы полного внутреннего отражения из набора некондиционной оптики. Первая призма, с помощью которой лучи выводятся за пределы трубы, установлена на стойке и регулируется высотой стойки и поворотом ее вокруг оси. Окулярный узел и узел призмы имеют юстировочные винты для правильной установки их на оптической оси телескопа. Окуляры также из набора различных оптических приборов (микроскоп, коллиматор).

Труба телескопа изготовлена из стеклоткани, пропитанной эпоксидным компаундом. Искатель установлен на двух стойках и снабжен регулировочными винтами.

Телескоп «Сатурн» установлен на параллактической монтировке немецкого типа. Конструкции полярной оси и

оси склонений идентичны. Оси установлены в корпусе на подшипниках и снабжены тормозами, совмещенными с механизмами тонких движений, представляющих собой винтовую пару с возвратной пружиной. Шаг винта 0,5 мм. С помощью этих механизмов осуществляется точная наводка на объект наблюдений, а также гидирование при фотографировании. Для наведения телескопа на объект предусмотрены разделенные круги. Цена делений круга склонений 1° , полярной оси — $5'$.

Колонна телескопа изготовлена из алюминиевой трубы и имеет три съемные ноги-опоры. Для правильной установки полярной оси телескопа по высоте и по азимуту на концах опор имеются регулировочные винты, позволяющие регулировать

наклон полярной оси в пределах $\pm 3^\circ$.

Проницающая способность определялась по наблюдениям рассеянного звездного скопления Плеяды, для звезд которого точно определен блеск. Испытания показали, что телескоп позволяет наблюдать звезды до 12^m . Разрешающая способность телескопа — $2''$.

Наблюдения Луны, Юпитера, туманностей и звездных скоплений показали хорошее качество изображений. Фотографирование Луны производилось в прямом фокусе телескопа на пленку «Фотоз-32» фотоаппаратом «Зенит» с выдержкой $1/30$ с.

А. Н. БЕЛУХИН
(307200, Горьковская обл.,
г. Арзамас-16, ул. Шевченко,
д. 38, кв. 1)

Самодельный бинокляр

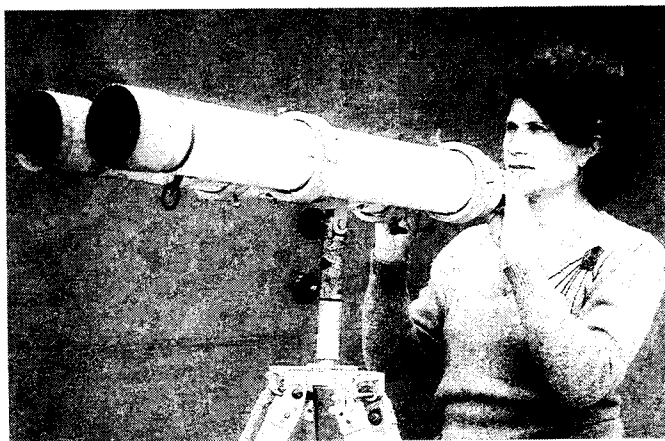
Чаще всего для наблюдений различных небесных объектов в средних школах используют телескопы-рефракторы РТ-80 и РТ-60. Как правило, качество оптики

школьных телескопов хорошее, а вот механическая часть не выдерживает никакой критики (например, у телескопа РТ-80). Монтировка позволяет проводить наблю-

дить качественные наблюдения в такие моменты невозможно. Не подходит такой телескоп и для поиска комет — слишком слаб.

Учитывая эти обстоятельства, члены нашего астрономического кружка решили изготовить из двух телескопов РТ-80 бинокляр, который можно было бы использовать не только для наблюдений Луны, Солнца, планет, двойных и переменных звезд, но и успешно применять его для поиска комет.

За основу мы взяли трубы с объективами, остальное сняли (и направляющую муфту окулярной части с механизмом выдвижения и фокусировки, и окулярную часть трубы с муфтой окуляров). Вместо этого из отлитых алюминиевых заготовок сделали две другие направляющие муфты для окулярной трубы. В эти муфты вставляются стальные втулки



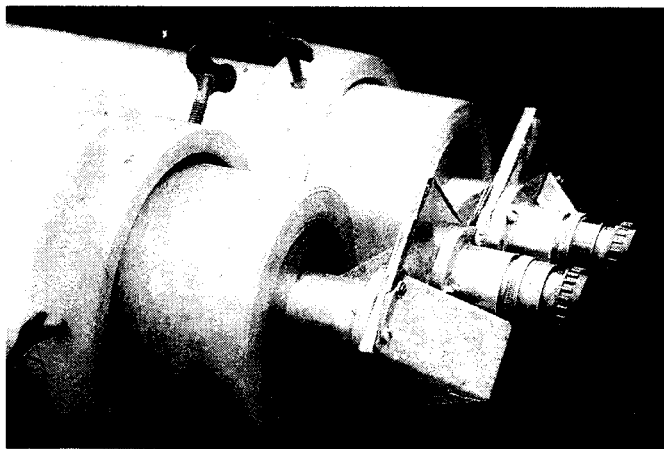
Самодельный бинокляр, построенный членами астрономического кружка поселка Черниговка

дения только в безветренную погоду: при малейшем дуновении ветра телескоп «пляшет», а поэтому прово-

с прикрепленными к ним переворачивающими изображение системами с окулярной муфтой.

Оборачивающая система аналогична системам призмленного бинокля БПЦ 7×50 и ему подобных и состоит из двух прямоугольных призм, размещенных на 6-миллиметровом металлическом основании под углом 90° одна к другой. Призмы помещены в металлические футляры так, чтобы между футляром и призмой можно проложить защитный слой из черной бумаги. Футляры с призмами прижимаются к основанию винтами. Для регулировки и юстировки точности поворачивающей системы предусмотрено поперечное перемещение футляров с призмами. Втулка с призмами и окулярами, взятыми из телескопа РТ-80, может вращаться в направляющей муфте вокруг главных оптических осей объективов. Это необходимо для изменения расстояния между окулярами, чтобы оно соответствовало базису глаз конкретного наблюдателя. Вращающаяся втулка с призмами и окулярами фиксируется в направляющих муфтах с помощью винтов и металлических пластин.

Монтировка двух моноку-



Окулярная часть бинокляра

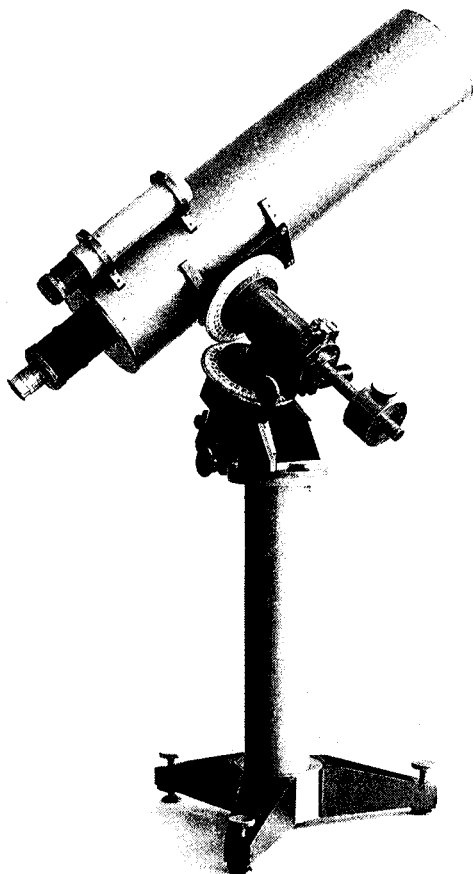
ляров в бинокляр производится кольцами, приваренными к общей металлической планке, укрепленной на стояке от малого школьного рефрактора РТ-60. Для юстировки параллельности главных оптических осей бинокляра в четырех кольцах имеются по три винта М6, размещенных под углом 120° относительно друг друга. При наблюдениях фокусировка производится раздельно выдвиганием каждого окуляра.

Параметры рабочих характеристик бинокляра аналогичны параметрам телескопа РТ-80. В зависимости от применяемых окуляров увеличение изменяется от 28^х до

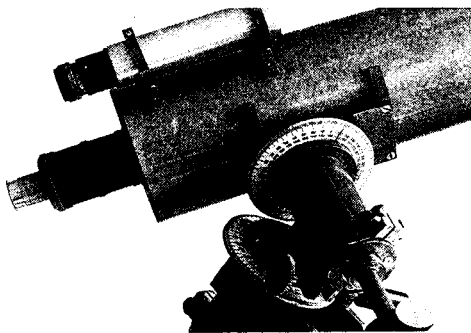
80^х, а угол зрения — в пределах от 0,5° до 1,5°. Разрешающая сила = 1,5". С помощью нашего бинокляра в безлунную ночь можно увидеть объекты до 13^м и наблюдать объекты имеющие высоту над горизонтом 60°. К недостаткам бинокляра следует отнести отсутствие центрального механизма фокусировки и невозможность наблюдений околозенитной области.

В. Г. МОРМЫЛЬ,
руководитель
астрономического
кружка пос. Черниговка

Самодельный телескоп «Альтаир»



Самодельный 110-миллиметровый телескоп «Альтаир», построенный братьями Леонидом и Сергеем Ткаченко (г. Арзамас)



Члены астрономического кружка Дворца пионеров г. Арзамаса братья Леонид (10 кл.) и Сергей (7 кл.) Ткаченко построили 110-миллиметровый телескоп «Альтаир» системы Кассегрена. Длина трубы телескопа — 400 мм, относительное отверстие 1:12,8, вес вместе со штативом составляет 8 кг. Разрешение — 1,5".

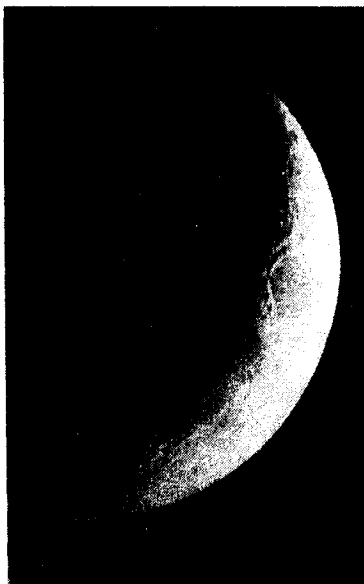
Первоначально «Альтаир» предполагалось использовать в качестве гида для астрографа на базе объектива МТО-1000. Позже простой штатив с параллактической монтировкой и механизмами тонких движений позволил превратить его в очень удобный и легкий переносной телескоп.

*В. А. БАЛАКИН,
руководитель
астрономического
кружка*

Фотографируем с помощью «Алькора»

В статье Д. А. Фомина «Алькор» в действии» (Земля и Вселенная, 1984, № 6, с. 60 — *Ред.*) рассказывалось о том, как можно фотографировать Солнце, Луну и планеты с помощью телескопа «Алькор», который в последнее время стал довольно популярным благодаря своим хорошим оптическим качествам и простоте в обращении.

Установка в статье Д. А. Фомина имеет один существенный недостаток: аппарат не соединен с телескопом, а находится на отдельном штативе. Это вынуждает наблюдателя все время перемещать штатив с фотоаппаратом за трубой телескопа. Гораздо проще и надежнее выточить на токарном станке переходник, который наворачивается на фотоаппарат вме-

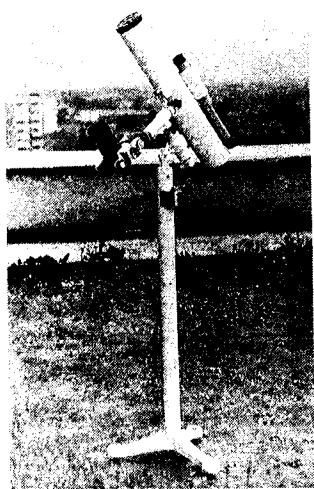


Снимок Луны, полученный с помощью телескопа «Алькор». Выдержка 1 с, пленка — 64 ед. ГОСТа

сто объектива. Тогда фотоаппарат можно вставить в фокусирующую трубку на место окуляра. Для фотографирования Солнца и Луны используется увеличение в 4—6 раз, а если требуется снять какой-либо участок Солнца или Луны переходник сочетается с линзой Барлоу (она прилагается к телескопу). При фотографировании Солнца необходимо применять различные диафрагмы для ослабления света. Пленка должна быть низкой чувствительности (например, МЗ—3Л, ее чувствительность около 5 ед. ГОСТа). Если использовать нейтральный фильтр, то экспозиции при этом будут составлять 1/30 — 1/60 с. Для фотографирования Луны годится пленка чувствительностью 64—130 ед. ГОСТа, а фотографирование планет требует чувствительности 130—250 ед. ГОСТа.

А. В. ГЕРШАНОВ
(170043, г. Тверь,
ул. Королева,
д. 14/2, кв. 10)

«Алькор» — гид



Так теперь выглядит мой телескоп «Алькор»

В первые дни после покупки «Алькора» я использовал его только для визуальных наблюдений. Потом, присоединив к окуляру насадочные кольца от фотоаппарата «Зенит», стал фотографировать Луну, Венеру, лунное затме-

ние. Эти снимки демонстрировались на X Всесоюзном коллоквиуме телескопостроителей в Москве в 1988 г.

Шло время. Мой «Алькор» постепенно терял свой первоначальный вид. Для фотографирования звездного неба я переделал азимутальную установку в экваториальную, сделал крепление для фотоаппарата. Чтобы следить за установкой колонны, я прикрепил к ней уровень. В окуляре натя-



Созвездие Кассиопеи. Объектив «Зенитар», выдержка 7 мин, видны звезды до 11,5^m

нул крест нитей, а для удобства наведения на объект, к трубе телескопа присоединил подзорную трубу «Турист».

Е. В. ФУРСОВ
(310100, г. Харьков-100,
ул. Слинко, д. 3, кв. 32)

Астрограф с объективной призмой

Возможность получить фотографии спектров звезд может сильно расширить программу работ астронома-любителя. Существует несколько типов спектрографов, но

мелком масштабе (с малой дисперсией). Астрономы-профессионалы применяют объективную призму как спектральный «разведчик», а щелевые спектрографы служат для детальных исследований наиболее интересных спектров, обнаруженных с помощью объективной призмы.

Для объектива своего астрографа я выбрал ахроматический объектив от зрительной трубы диаметром 50 мм и фокусным расстоянием 300 мм. Этот объектив вставил в оправу, укрепленную на алюминиевой трубе. К противоположному концу трубы приделал фокусирующее устройство от объектива «Юпитер-9» (оптический блок объектива пришлось вынуть). Астрограф предназначался для работы с малоформатной камерой «Зенит».

Перед объективом установлена призма Шмидта с крышкой ВкР-45°, которая применяется в некоторых зрительных трубах, например, в «ТЗК». Можно использовать и другую призму, лишь бы угол при вершине составлял 30—45° и призма перекрывала действующее отверстие объектива полностью.

В августе 1982 г. астрограф с объективной призмой был установлен на оси склонений телескопа «Мицар». Угол преломления призмы равен примерно 20°, под этим углом я и установил трубу астрографа к трубе телескопа. Наведя «Мицар» на звезду, в поле зрения астрографа я получил спектр. Призма ориентируется так, чтобы ее основание было направлено по суточной параллели, а плоскость рабочего угла — по кругу склонений.

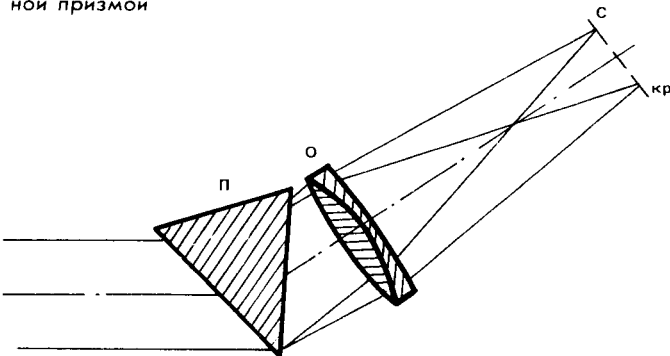


Спектр хромосферы и короны Солнца. Хорошо заметны линии кальция, водорода, магния. (Слева — синий конец спектра). Пленка «Kodak-64», увеличение при печати — 10^x

больше всего распространены щелевые и спектрографы с объективной призмой.

Обычно щелевые спектрографы устанавливаются на крупных телескопах и позволяют получать подробные спектры. Правда, в этом случае за время экспонирования можно получить спектр только одной звезды. Объективная призма дает сразу много спектров, но в сравнительно

Схема астрографа с объективной призмой



Спектры вытягиваются в тонкие «ниточки», на которых спектральные линии выглядят точками, поэтому получать спектрограммы лучше без часового механизма. Тогда изображение спектра медленно перемещается по пластинке в направлении перпендикулярном дисперсии и спектр расширяется примерно до 0,5 мм. Скорость, с которой изображение звезды перемещается по пластинке, равна

$$v = f' \operatorname{tg} 15'' \cos \delta \text{ мм/с,}$$

где f' — фокусное расстояние астрографа, δ — склонение звезды. Для получения спектра Веги или Сириуса на пленке чувствительностью 250 ед. ГОСТа потребовалась выдержка 15—20 с. Но это самые яркие звезды, для более слабых время экспонирования надо увеличить.



В этом случае поступаем так. Наводим астрограф на звезду и, открыв затвор астрографа, даем звезде смещаться в перекрестье окуляра телескопа — гйда. Чтобы определить время такого прогона, разделим нужную нам ширину спектра на скорость перемещения звезды или ее спектра по фотоэмульсии. Для нашего астрографа эта величина составила примерно 20 с (если звезда расположена недалеко от небесного экватора). Через 20 с возвращаем с помощью ключей изображение на перекрестье, и спектр снова

Спектр Кастора («Близнецов»). Хорошо видна водородная серия Бальмера (слева — синий конец спектра)

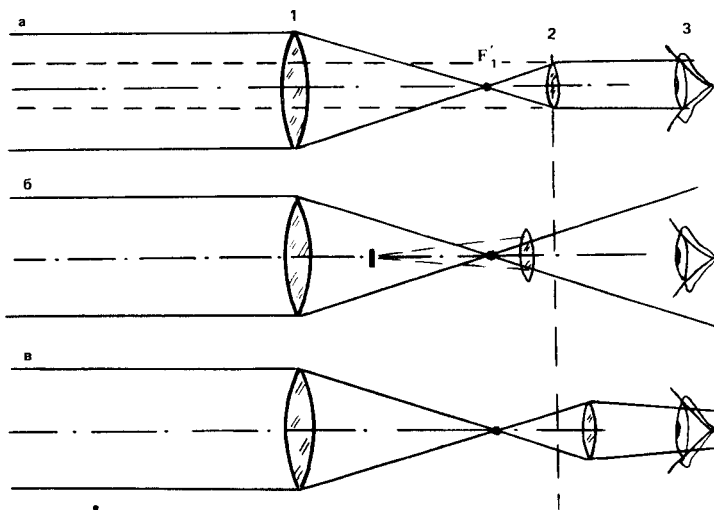
смещается по эмульсии. После второго прогона можно сделать третий, четвертый и т. д. При уменьшении блеска звезды на 1^m , число прогонов надо утроить (например, для получения спектров звезд Плеяд требуется 40—50 прогонов).

А. ЩЕРБАКОВ (630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, д. 44, Клуб им. Д. Д. МаксUTOва)

Фокусировка телескопа

Визуальный телескоп — система афокальная. Это значит, что фокус объектива (зеркала) совпадает с фокусом окуляра, и пучок света выходит из системы параллельным. Изображение звезды как бы перенесено в бесконечность.

Если не принимать специальных мер для правильной фокусировки телескопа, то, в общем случае, выходящий пучок световых лучей будет либо сходящимся, либо расходящимся. Когда на нормальный глаз (без близорукости или дальнозоркости) падает **сходящийся** световой пучок, то для получения резкого изображения, наблюдателю надо ослабить хрусталик глаза. В случае **расходящегося** пучка ясно, что чем сильнее расхожимость лучей, тем ближе к глазу располагается изображение, построенное окуляром, и тем сильнее будут напрягать-



Ход лучей в телескопе. а) Изображение бесконечно удаленной звезды, построенное объективом 1 в точке его заднего фокуса F_1 , рассматривается глазом наблюдателя в окуляр 2. При этом точка переднего фокуса окуляра F_2 совпадает с точкой F_1 . Лучи выходят из окуляра параллельным пучком, мнимое

изображение звезды находится в бесконечности и глаз наблюдателя работает в оптимальных условиях. б) Точка переднего фокуса F_2 окуляра находится между F_1 и самим объективом. В глаз попадает расходящийся пучок лучей, изображение строится в точке А. в) Сходящийся пучок

ся мышцы хрусталика, что приводит к его быстрой утомляемости.

Опытный наблюдатель, глядя в телескоп, смотрит в даль, максимально расслабив глаза. Даже через несколько часов наблюдений утомление не наступает. Начинаящие любители чаще всего рассматривают изображение в окуляре телескопа так, будто оно расположено на расстоянии всего 20—30 см от глаза. Для этого они произвольно напрягают, аккомодируют, глаз. Чтобы изображение в поле зрения оставалось резким, приходится немного приблизить окуляр к фокусу телескопа объектива. Изображение звезды остается резким, хотя и расположено на расстоянии около 20—30 см или даже ближе. Чем ближе окуляр к фокусу телескопа, тем сильнее приходится аккомодировать и напрягать глаз.

Известен метод одновременного рассматривания бесконечно удаленного предмета невооруженным глазом и глазом, смотрящим в теле-

скоп. В этом методе невооруженный глаз аккомодирован на бесконечность и наблюдателю остается только перемещением окуляра добиться резкого изображения предмета, видимого вооруженным глазом.

Указанным способом нельзя воспользоваться, если окуляр рефрактора расположен не вдоль оптической оси, а перпендикулярно к ней. Правда, если рядом с окуляром укрепить второе диагональное зеркало или призму, которые позволили бы наблюдать изображение вооруженным и невооруженным глазом одновременно, то способ применим и в этом случае.

Наиболее удачный способ — **фокусировка телескопа из зафокала**. Если окуляр выдвинуть несколько дальше нормального положения, то пучок света будет выходить сходящимся, изображение звезды перенесется «дальше бесконечности». Оно будет нерезким для любого глаза. При этом мышцы хрусталика будут расслаблены, что соответствует аккомодации гла-

за на бесконечность. Теперь надо плавно приближать окуляр к объективу до тех пор, пока не получится резкого изображения. Если по каким-то причинам телескоп перефокусирован, т. е. упущен нужный момент, то следует снова вернуться в зафокал и вновь начать фокусировку.

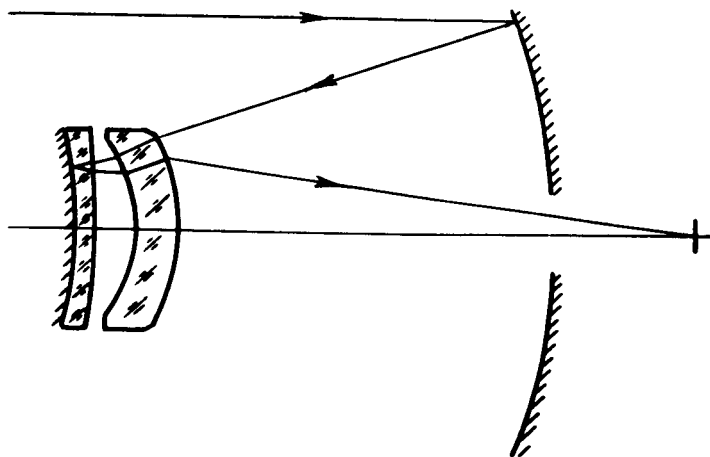
Примечание. Методика, описанная автором, требует от наблюдателя некоторого опыта в расслаблении глаз при астрономических наблюдениях. Правильнее всего, пожалуй, с первых же дней приучать себя не закрывать второй глаз, когда первый глядит в окуляр. Иногда перед вторым глазом помещают черный экранчик, чтобы не мешали посторонние предметы. Известный австралийский ловец комет В. Бредфилд обходится простым козырьком из сложенной газеты, который он крепит на трубе своего кометопискателя.

С. П. ГРЕВЦЕВ (160001,
г. Вологда, ул. Чехова,
д. 19, кв. 805)

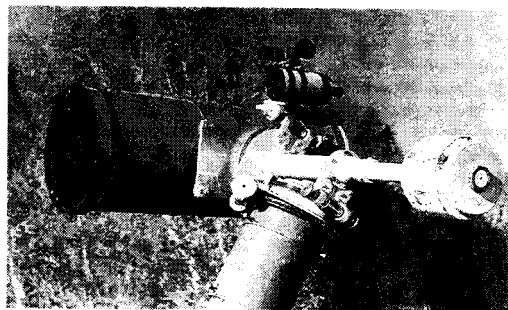
Телескоп новой системы

Несмотря на большую потребность, отечественная промышленность не производит телескопы для любителей с диаметром дейст-

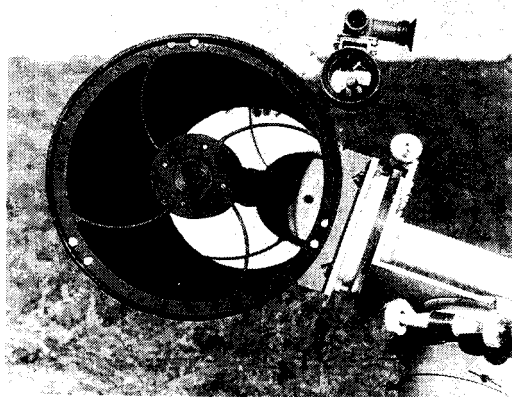
вующего отверстия порядка 200—250 мм, а выпускает рефлекторы системы Ньютона с диаметром главного зеркала 65—110 мм. Если очень повезет, можно встретить в продаже «менисковый Кассегрен» Максутова диаметром 150 мм, который выпускают некоторые обсерватории и кооперативы. В то же время каждый, кто следит за рекламными проспектами в журнале «Sky and Telescope», знает, что за рубежом дело с выпуском телескопов для любителей астрономии поставлено значительно лучше. Например, в США серийно выпускаются телескопы «Celestron» с диаметром до 350 мм, построенные по Шмидт-Кассегреновской схеме. Уже, кажется, никому не требуется доказывать, насколько злободневен у нас вопрос выпуска серийного телескопа с диамет-



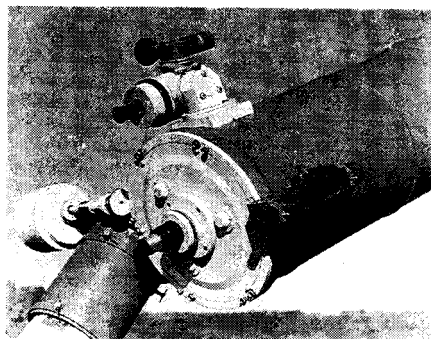
Оптическая система телескопа с менисковым корректором



а



б



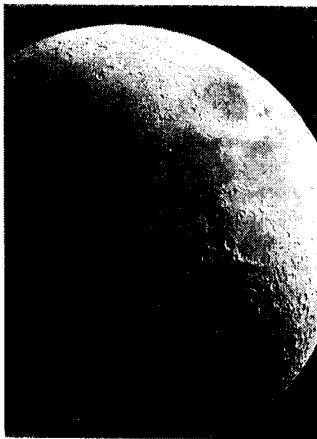
в

Опытный образец телескопа с менисковым корректором. Диаметр действующего отверстия 300 мм, относительное отверстие 1:9,6: а — общий вид телескопа; б — вид на корректор и зеркало; в — вид со стороны окулярного узла

ром 200—250 мм. Таких инструментов, достаточно серьезно оснащенных приспособлениями для проведения визуальных, фотографических, фотометрических и иных работ, давно и с нетерпением ожидают школы, планетарии, народные обсерватории, астрономические кружки при Дворцах пионеров и школьников. Наконец, какому любителю астрономии не хочется иметь собственный переносной, компактный и в то же время достаточно мощный телескоп, с которым в любое время можно выехать за город и вдаль от городских огней пронаблюдать массу интересных небесных объектов?

Камнем преткновения при разработке такого телескопа стал вопрос выбора его оптической схемы. Совершенно ясно, что система рефлектора Ньютона мало пригодна для телескопа с диаметром более 150 мм из-за больших габаритов и массы, а «менисковый Кассегрен» Максутава, обладая отличным качеством изображения, при диаметре около 200 мм уже сложен в изготовлении, т. к. содержит три больших оптических поверхности и требует особым образом моллированных заготовок для мениска. Освоение в отечественном производстве популярной на западе системы Шмидт-Кассегрена сейчас просто нереально из-за трудностей серийного изготовления асферических поверхностей, притом с приемлемой для астрономической оптики точностью.

В поисках выхода из сложившейся ситуации я провел исследования, результатом которых стала разработка оптической системы телескопа кассегреновского типа с менисковым корректором — аналог известной системы Аргунова¹. По своей техно-



Луна вблизи первой четверти (11 марта 1981). Пленка «Тасма-65», выдержка 1/30 с. Снято автором на опытном образце телескопа с менисковым корректором

логичности, компактности и качеству изображения предлагаемая оптическая система, на мой взгляд, в максимальной степени подходит для разработки серийного телескопа, начиная с диаметра 200 мм и более.

Принципиальный недостаток системы Аргунова, сводящий на нет ее технологические и конструктивные достоинства: невозможность избавиться от остаточного хроматизма, потому что линзы корректора должны выполняться из стекол различных марок. Это в свое время и побудило меня усовершенствовать систему Аргунова. С самого начала было ясно: рассчитать аналогичный афокальный корректор из стекла одной марки не удастся, не отодвигая существенно линзы корректора от вторичного зеркала (что, кстати, несколько позже и было сделано Аргуновым в его второй оптической системе с афокальным корректором).

Я понял, что можно обеспечить апланатическую коррекцию системы, если использовать мениск с приблизительно равными радиуса-

ми. Он должен быть установлен в двойном ходе лучей вблизи вторичного зеркала. Мениск заданной толщины обладает двумя свободными параметрами (радиусами кривизны поверхностей) и вносит в систему весьма небольшие хроматические aberrации. Исследования показали, что для полной их компенсации (наряду с исправлением сферической aberrации и комы) можно заменить в системе вторичное зеркало отражательной линзой из того же материала, что и мениск. Благодаря одинаковой дисперсии линз вторичный спектр уменьшается на два порядка по сравнению с телескопом Аргунова.

В начале 1975 г. началась разработка таких систем с последующей оптимизацией на ЭВМ их нескольких вариантов. Исследования показали, что система может обладать относительным отверстием до 1:8. При диаметре действующего отверстия до 350 мм aberrации волнового фронта в центре поля зрения (для длин волн от 486,1 до 656,3 нм) не превышают десятой доли длины световой волны, следовательно, изображения должны быть в высокой степени ахроматическими. Кроме того, благодаря большой кривизне поверхностей мениска они в значительной степени свободны от паразитной засветки. В диапазоне действующего отверстия 200—300 мм при эквивалентном относительном отверстии системы 1:8 — 1:9,5 поле зрения, на котором дифракционная картина звезды практически неотличима от идеальной, составляет 13—15°, а фотографическое поле с концентрацией света порядка 80 % в пятне рассеяния диаметром 30 мкм составляет 30—40°. Предел увеличению поля зрения ставят принципиально неустраняемые в этой системе aberrации, астигматизм и кривизна поля.

¹ Новая техника в астрономии. Л.: Наука, 1965, вып. 2

В июле 1980 г. была закончена работа над двумя комплектами оптики 300-миллиметрового телескопа. Лабораторные испытания в автоколлимационной схеме показали, что хроматизм визуально не проявляется ни в центре, ни по краю поля зрения. Изображение точечного источника света, рассматриваемое на теновом приборе с увеличением 35° — 50° , имело отчетливую дифракционную структуру, близкую к теоретической для данной системы растяжек, крепящих корректор. По-видимому, волновые aberrации на оси не превышают $0,1$ — $0,15\lambda$, что также подтверждается и наблюдениями теневой картины.

Осенью того же года была закончена механическая часть опытного варианта телескопа, и 13 ноября в СибИЗМИР СО АН СССР (Иркутск) были проведены первые визуальные наблюдения. Как и следовало ожидать, телескоп давал изображения отличного качества без заметных следов цветного ореола. Первым объектом наблюдения стала туманность в созвездии Ориона, тонкая структура которой при увеличении порядка 100° представлялась яркой и от-

четливой. Лунная поверхность при увеличении 300° изобиловала множеством мельчайших деталей. Дальнейшие наблюдения показали, что инструмент позволяет без труда наблюдать тени от спутников Юпитера, перемещающиеся по диску, а также отчетливо различать тонкие цветные детали полос планеты.

В 1987 г. аналогичный телескоп был установлен на обсерватории краевого Дворца пионеров Красноярска, где группа под руководством Карпова С. В. успешно наблюдала Марс во время великого противостояния 1988 г.

Практическая работа с телескопом показала, что он в значительно меньшей степени подвержен разъюстировкам, чем его зеркальные аналоги. Вся юстировка телескопа в полевых условиях состоит в совмещении центра кривизны главного зеркала с осью корректора и, в случае необходимости, выполняется при помощи трех отжимно-прижимных винтов оправы главного зеркала. Расчеты показывают, что для построенного телескопа точность совмещения центра кривизны зеркала с оптической

осью корректора не выше $0,7$ мм. Это более чем в два раза превышает допуск на смещение оптических осей зеркал в эквивалентной по параметрам системе Ричи — Кретьена, что объясняется отсутствием асферических поверхностей.

Благодаря компактности, простоте конструкции и умеренной склонности к разъюстировке предлагаемая оптическая система вполне может служить основой для проектирования серийного телескопа с диаметром 200 — 250 мм ($1:8$). Ввиду сферической формы оптических деталей и небольшого размера корректора ($1/3$ диаметра действующего отверстия) стоимость изготовления оптики такой системы должна быть примерно в два раза меньше, чем системы «менисковый Кассегрен» Максудова.

Всех заинтересовавшихся такой системой и могущих помочь с внедрением прошу писать по адресу: 633159, Новосибирская обл., Новосибирский район, пгт Кольцово, д. 7, кв. 14.

Ю. А. КЛЕВЦОВ,
кандидат технических наук

Изготовление плоских эллиптических зеркал

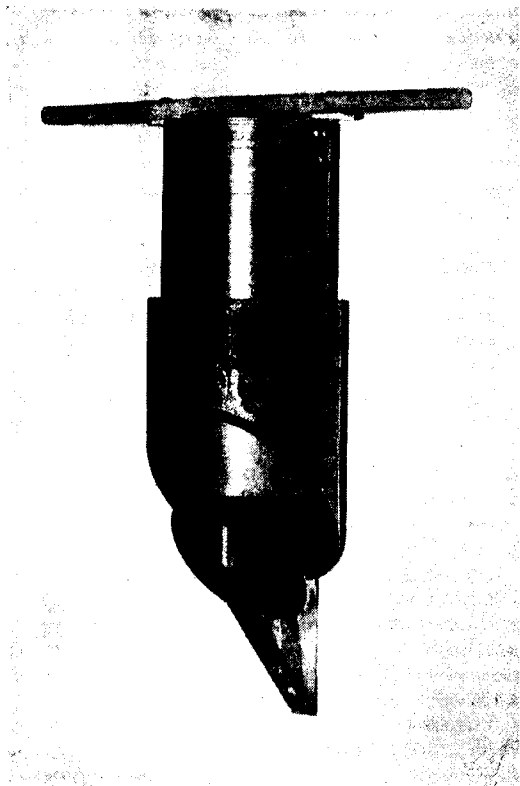
В этой статье мы не будем касаться принципа изготовления оптических плоскостей, приемов работы, а также методов контроля. Эти вопросы в достаточной мере освещены в популярной литературе по любительскому телескопостроению.

Мы рассмотрим некоторые отличительные особенности изготовления плоских зеркал эллиптического очертания. Обычно в качестве заготовок используются диски иллюминаторного стекла диаметром до 200 мм и толщиной от 10 до 20 мм. Можно также вырезать диски необходимого диаметра из листового стекла подходящей толщины с помощью трубчатого сверла,

как это, например, описано в книге Л. Л. Сикорука «Телескопы для любителей астрономии», М., Наука, 1990. Надо только помнить об одном условии: заготовки должны быть хорошо отождженными.

Для работы понадобятся два диска примерно одинакового диаметра. Один из них будет служить основанием (его толщина должна быть достаточной для разгрузки на три точки), из другого диска необходимо вырезать заготовку для будущего эллиптического зеркала. Сделать это можно с помощью приспособления, состоящего из корпуса, в который входит трубчатое сверло. Сверло должно свободно проворачиваться в корпусе. Корпус крепится к кронштейну, к которому винтами прикручен кронштейн с поддерживающей лапкой. Зазор между корпусом и поверхностью должен равняться

$$l = h_1 + 2h_2 + (0,2 \div 0,3 \text{ мм}),$$



Приспособление для вырезания заготовки эллиптического очертания

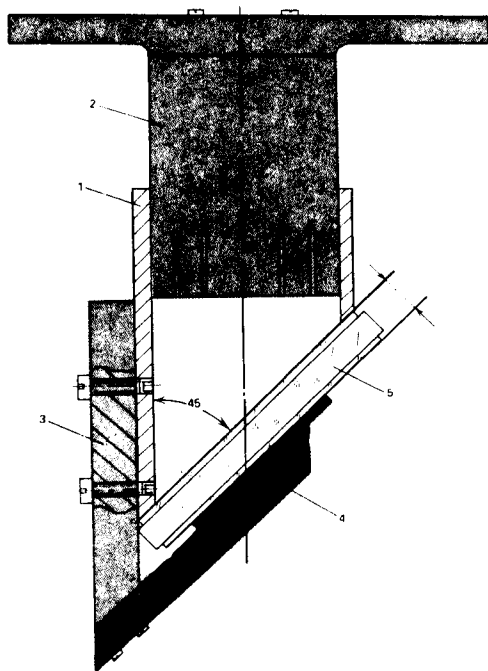


Схема приспособления для вырезания заготовок эллиг.ической формы: 1 — корпус, 2 — трубчатое сверло, 3 — кронштейн, 4 — кронштейн с поддерживающей лапкой, 5 — заготовка с подклеечными стеклами

где h_1 — толщина заготовки, h — толщина подклеечных стекол.

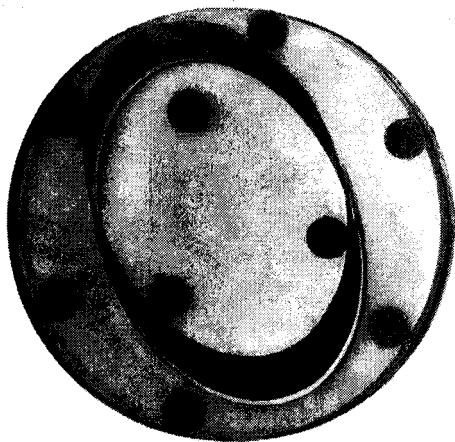
Плоская поверхность поддерживающей лапки должна иметь размеры, позволяющие ей свободно входить в сверло. Внутренний диаметр сверла примерно на 1 мм больше малой оси эллиптического зеркала. Перед работой на заготовку зеркала надо наклеить с обеих сторон стекла толщиной 2—3 мм. Затем заготовку вместе со стеклами наклеичной смолой прикрепляем к корпусу (это делается при снятой поддерживающей лапке). Перед наклейкой корпус и заготовку предварительно прогреваем.

Вырезав трубчатым сверлом заготовку, отвинчиваем винты крепления поддерживающей лапки и снимаем ее вместе с заготовкой будущего зеркала. Осторожно подогревая части приспособления, аккуратно отделяем от них вырезанную эл-

липтическую заготовку, а также оставшуюся часть диска, которая в дальнейшем будет использоваться как вспомогательное стекло, идеально дополняющее заготовку зеркала до круглого очертания. Сразу же, пока не остыло стекло, отделяем подклеечные стекла. Отмыв смолу, снимаем небольшие фаски на эллиптической заготовке и на вспомогательном стекле.

Теперь необходимо наклеить заготовку зеркала и вспомогательное стекло на основание-план. Делаем это с помощью смолы. Способ ее приготовления описан в книге Д. А. Наумова «Изготовление и исследование оптики для любительских телескопов-рефлекторов и ее контроль», М., Наука, 1988 г. Ее состав: пек — 25 %, канифоль — 50 %, канифольное масло — 5 %, тальк — 20 %.

Хотим предостеречь любителей — ни в



Заготовка зеркала и вспомогательное стекло, наклеенные на основание-план

кчем случае нельзя наклеивать заготовку зеркала и вспомогательное стекло на основание всей поверхности. Несмотря на то, что смола в твердом виде обладает высокой текучестью, она все-таки создает на поверхности стекла значительные механические напряжения, которые деформируют заготовку зеркала. Это приводит к тому, что после снятия уже готового зеркала с основания и освобождения его тыльной стороны от смолы, эти напряжения освобождаются, что и приводит к деформации поверхности. Деформации могут оказаться столь значительными, что зеркало, на которое затрачено немало труда, будет совершенно непригодно к использованию. Поэтому советуем сделать девять стеклянных кружков (или квадратиков) диаметром $1/16$ — $1/17$ размера малой оси эллипса зеркала и толщиной 1,5—3 мм. Необходимо проследить, чтобы слой смолы между основа-

нием и кружками был как можно тоньше. Взаимное положение вспомогательного стекла и заготовки зеркала должно обеспечивать равномерный зазор между ними.

Перед установкой зеркала на контроль следует тщательно удалить влагу, которая остается после промывки зеркала. Удалив влагу с помощью салфетки, зеркалу следует дать отстояться до полного высыхания внутренних поверхностей стекла. Закончив фигурацию и добившись необходимой точности обработки плоской поверхности, не следует считать работу законченной и разбирать стеклянный блок. Надо, расположив его горизонтально, дать отстояться не менее суток и затем вновь повторить контроль. Это необходимо потому, что в процессе обработки в смоле и стекле накапливаются напряжения, которые со временем высвобождаются, и поверхность зеркала приобретает свою истинную форму. Если потребуются, придется вновь повторить фигурацию и обязательно провести повторный контроль через сутки. Повторяем это до тех пор, пока поверхность зеркала не будет близка к идеальной.

Несмотря на то, что предлагаемая технология связана с некоторыми дополнительными трудностями, вызванными предварительной подготовкой, в конечном итоге все это окупается высокой точностью изготовленных оптических плоскостей. Этим методом мы подготовили три плоских зеркала эллиптического очертания с размерами малых осей эллипса 82, 87, 90 мм и толщиной 15 мм. При этом величина астигматической разности была настолько мала, что не поддавалась измерениям (цена деления на шкале теневого прибора 0,01 мм, и контроль производился методом Коммона).

Е. А. Варвянский
(349713, г. Стаханов, Ворошиловградской обл., ул. Одесская, дом 9, кв. 40)

А. И. Подзиров
(349713, г. Стаханов, Ворошиловградской обл., ул. Кутузова, дом 52, кв. 13)

Мощный астрономический бинокляр

Каждый астроном-любитель, занимающийся поисками и наблюдениями комет, хотел бы иметь в своем распоряжении мощный бинокляр. Инструмент, в наибольшей степени удовлетворяющий таким запросам, — бинокляр БМТ-110 ($D=$

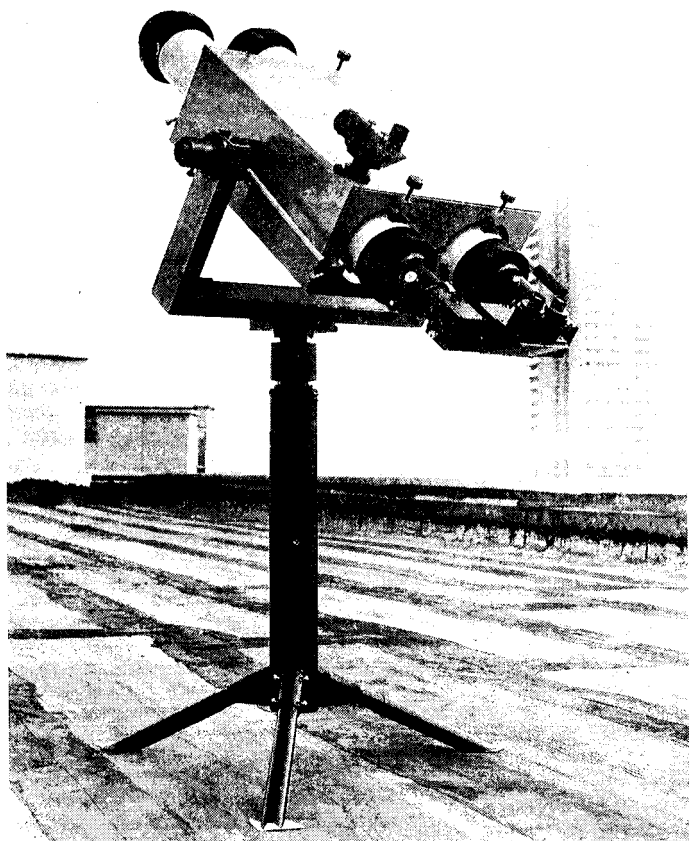
$=110$ мм, 20^*). Правда, он давно снят с производства, и лишь немногие счастливицы обладают этим инструментом. Мои многолетние и настойчивые попытки приобрести БМТ-110 оказались безуспешными. Это и послужило толчком к созданию

аналогичного инструмента собственными силами.

Основой бинокляра стали две трубы большого коллиматора ($D=150$ мм, относительный фокус $V=10$), входящего в состав комплекта оптической скамьи ОСК-2. С тем же успехом в бинокляре можно использовать и объективы И-11М ($D=130$ мм, $V=9$), объективы от профессиональных телекамер, длиннофокусные и ахроматизированные во всем видимом диапазоне спектра фотообъективы.

Оптическая система бинокляра должна удовлетворять таким основным требованиям: она должна обеспечивать прямое изображение, удобство наблюдений объектов вблизи зенита, а также возможность настраивать межзрачковое расстояние под индивидуальные особенности наблюдателя. Расстояние между оптическими осями труб, составлявшее первоначально 270 мм, должно быть уменьшено до 62—70 мм. Это осуществляется парой поворотных призм. Вместо призм можно использовать и плоские зеркала. Юстировку призм можно производить вручную, визуально контролируя совмещение двух изображений удаленных объектов в одно, после чего призмы прижимаются крышками с резиновыми прокладками.

Трубы устанавливаются на жесткий каркас, включающий в себя 12 поперечных

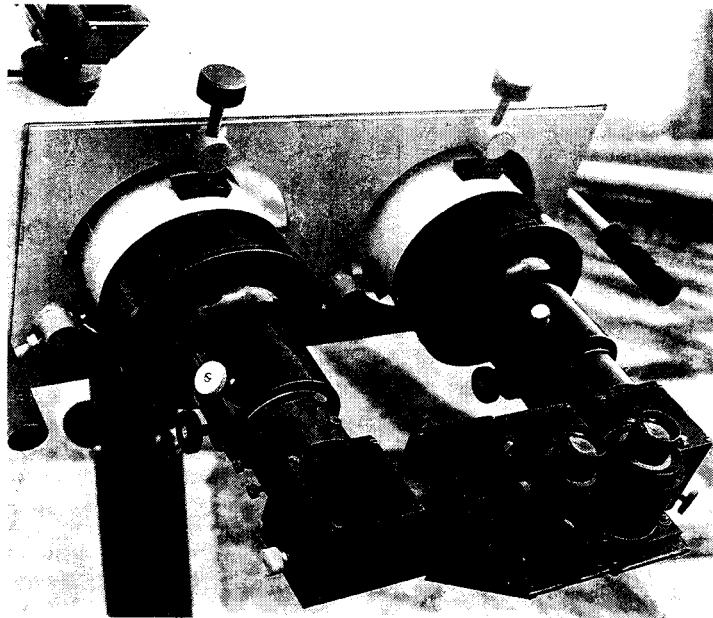


Общий вид 150-миллиметрового бинокляра

элементов. Дополнительная жесткость конструкции придают стальные листы толщиной 3 мм, приваренные сплошным швом к вертикальным граням каркаса. Верхняя панель выполняет лишь роль декоративного элемента. Каждая труба с обоих концов удерживается болтами М10, расположенными под углом 120° .

При хорошем качестве поверхности пластины юстировка призм производится лишь по вертикальным осям. При этом блоки сведения закрепляются в рабочем положении на гладкой поверхности. С учетом адаптационных способностей глаз достигается вполне приемлемая точность юстировки, и ее окончательная доводка выполняется болтами М10 уже при установке в трубах блоков сведения.

В качестве окуляров желательно брать системы с



Окулярный узел

Наведение на объект осуществляется с помощью ручек, которые одновременно служат и тормозами горизонтальных осей. Диаметр вертикальной оси составляет 65 мм, а плавность ее вращения обеспечивается подшипниковой парой. Монтровка бинокля легко разбирается на три основные части: вилку, колонну и ножки. Т. к. вес бинокля довольно значителен (около 100 кг, что близко к весу БМТ-110), собрать его могут только несколько человек, поэтому желательна стационарная установка бинокля в павильоне.

С. В. КАРПОВ

Примечание. С. В. Карпов построил замечательный прибор, который открывает новую страницу в отечественном любительском телескопостроении. Но у прибора есть один недостаток. Из-за того, что в блоке призм происходит нечетное (трехкратное) отражение света, изображение становится зеркальным. При наблюдениях небесных объектов приходится участок карты копировать на кальку, и только перевернув ее на другую сторону, можно легко отождествить объекты.

большой апертурой полевой линзы для обеспечения наибольшего поля зрения (в крайнем случае можно воспользоваться окулярами от стереомикроскопа МБС-1). Из-за большого фокусного расстояния (1500 мм) поле зрения изготовленного бинокля при равнозрачковом увеличении составляет $1,5^\circ$. Благодаря большой стереобазе впечатляющими предстают наземные объекты.

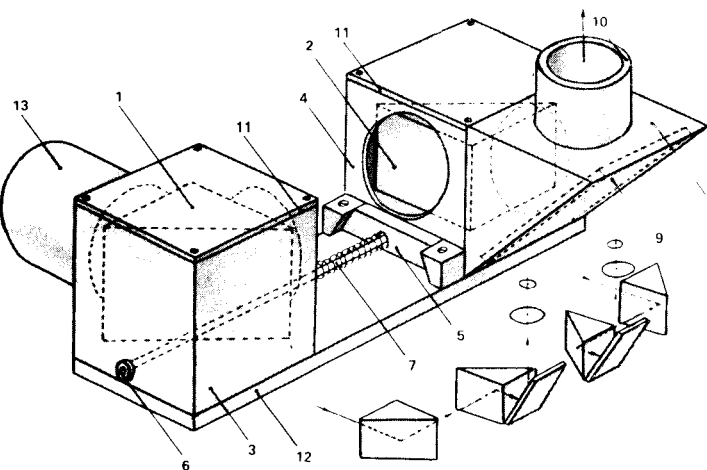


Схема системы сведения лучей бинокля. 1, 2 — поворотные линзы; 3, 4 — корпуса поворотных призм; 5 — подвижная часть соединения «ласточкин хвост», на которой закреплен корпус (4); 6 — ручка; 7 — тяга, проходящая через основание корпуса (3); 8 — зенитная насадка с плоским зеркалом (9), выводящим луч в окуляр (10); 11 — крышки с резиновыми прокладками; 12 — пластина; 13 — втулка, с помощью которой блок закрепляется в трубе

Любительское телескопостроение

Каждому любителю астрономии, построившему самодельный телескоп или купившему фабричный, знакомы трудности, связанные с ежедневной установкой телескопа перед наблюдениями. И, конечно же, каждый из них мечтал о стационарной башне с надежным укрытием инструмента. Но при этом все считают, что построить обсерваторию своими силами — это сложно, долго и дорого. Но это не так. Свою обсерваторию я построил всего за один месяц, пока был в отпуске.

Главное — надо выполнить три основных условия: обеспечить устойчивость инструмента, его надежную защиту от дождя и снега и добиться простоты и удобства в работе.

При строительстве своей обсерватории я использовал все, что находил под рукой, что могло бы пригодиться в работе. Главное — чтобы было дешево и надежно. Сначала я подготовил площадку диаметром примерно 3 м. Затем собрал каркас башни из бревен и уложил балки перекрытия. В центре площадки выкопал яму для фундамента глубиной 1 м и диаметром 70 см и установил в нее трубу (обычно такие трубы применяются в котельных в качестве дымоходов). Труба послужила прекрасной опалубкой для бетонного фундамента. С помощью бруса 200×200 мм и гидравлического автомобильного домкрата я установил трубу всего за два часа. Следующие два дня ушли на укладку в трубу бетона. Наверху я забетонировал шпильки с резьбой для установки жесткой стальной пластины — основания монтировки телескопа. Через 3—4 дня бетон хорошо схватился, но нужную прочность он набирал еще 28 дней. Итак, первый этап строительства занял у меня неделю.

Затем, прямо на земле я стал собирать купол. Согнув из 16-миллиметрового прутка кольцо диаметром 2,4 м и дуги радиусом 1,2 м, я приварил стальные пластины ($40 \times 40 \times 5$ мм) для болтов. Из заготовленных элементов собрал каркас купола. На стальных пластинах бол-



Общий вид обсерватории

тами М4 закрепил полосы из десяти-слойной фанеры шириной 80 мм. После этого, шурупами и мелкими гвоздями к фанерным полосам приделал предварительно вырезанные сегменты из листов кровельной стали. Между сегментами оставались зазоры шириной 5—10 мм. Их я накрыл желобами из той же стали: полосу шириной 100 мм согнул вдоль уголком и просверлил в них отверстия для шурупов. Каркас люка купола выполнен из уголка № 35. По краю люка и забрала пришлось сделать бортики, которые образуют лабиринт, не позволяющий дождю и снегу проникать под купол. Нижняя часть купола — цилиндр высотой 60 мм — также предохраняет от попадания снега и дождя. Высота подкупольного пространства — 1,8 м. Вместе с грунтовой и покраской сооружение купола заняло у меня еще неделю.

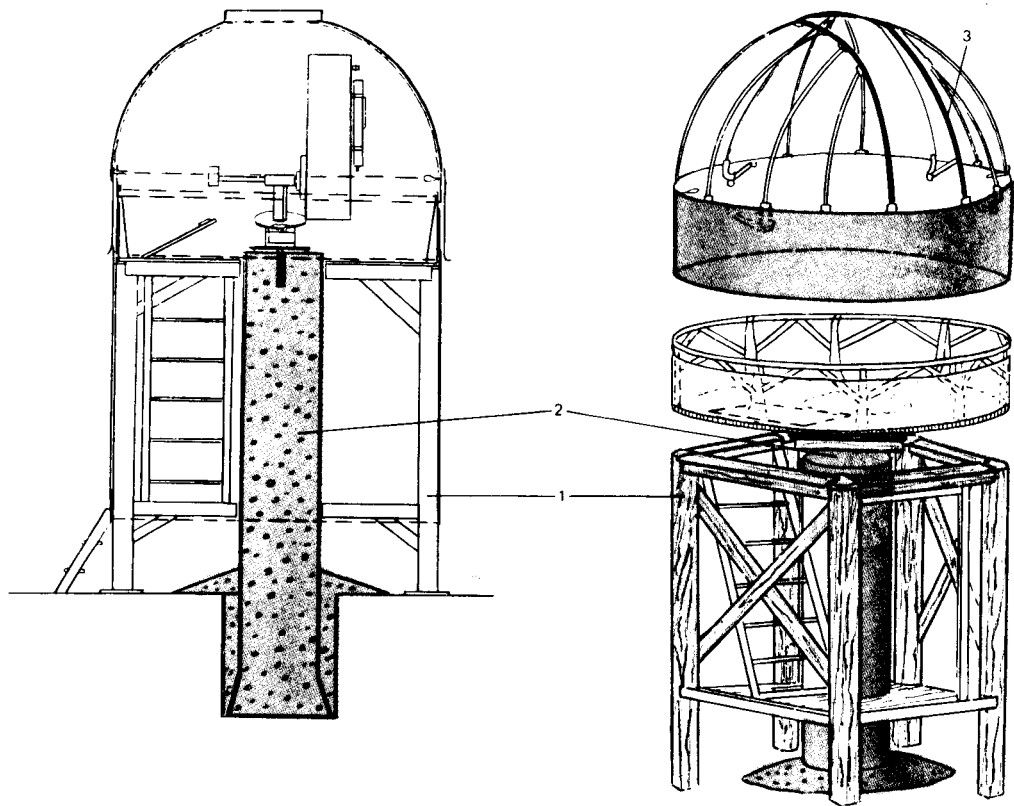


Схема купола. 1 — каркас башни, 2 — труба-фундамент телескопа

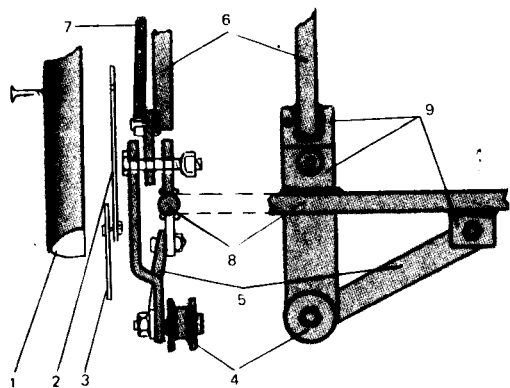


Схема обшивки купола и роликовой опоры. 1 — желоб, 2 — сегмент обшивки, 3 — цилиндрическая часть купола, 4 — ролик, 5 — укосина стойки ролика, 6 — дуга купола, 7 — фанера, 8 — окружность каркаса купола, 9 — крепление пластины

После этого, по уложенным балкам я настелил пол в подкупольном помещении и смонтировал кольцевой рельс, по которому должен вращаться купол. Перекрытие нигде не касается фундамента телескопа — забетонированной трубы. Если этого не предусмотреть, то при ходьбе по полу вибрация будет передаваться телескопу. Пол я покрыл тарной досочкой, настелив ее на предварительно уложенный рубероид.

Для установки купола я снял с него сегменты кровельного железа и поднял вручную только каркас. Затем снова установил обшивку купола и заделал все швы полиэтиленом и гермопластом.

Прошло три недели, и мне оставалось доделать кое-какие мелочи: обшить каркас башни кровельным железом, настелить пол первого этажа, покрасить и отделать башню внутри, установить электрооборудование телескопа. К концу четвертой недели я установил в башне рефлектор Ньютона с параболическим зеркалом диаметром 265 мм на монтировке Бостiana — Мейнела.

Во что обошлась мне обсерватория? Вот несложные расчеты: (стоимость дана в ценах мая — июня 1991 г):

Кровельная сталь (0,8 мм)	21 лист (1×2 м)	160 руб.
Цемент (марки 300)	150 кг	18 руб.
Лес (доски, кругляк)	0,5 м ³	100 руб.
Стальной прут (диаметром 16 мм)	25 м	20 руб.
Металлическая полоса (40×5 мм)	8 м	7 руб.
Рубероид	1 рулон	6 руб.
Грунтовка и эмаль	10 кг	30 руб.

В этот список не вошла стоимость стальной трубы диаметром 500 мм (длина 3500 мм), сварочных работ, щебня,

гвоздей, шурупов и других мелочей. Общая стоимость обсерватории составила около 350 руб.

Итак, могу с уверенностью утверждать, что строительство башни под силу практически любому астроному-любителю.

С. И. ТИЧИНСКИЙ
(322990, Днепропетровская обл.
п. г. т. Томаковка, пер. Глухой, 4)

Крепление вторичного зеркала в телескопе-рефлекторе

Как известно, из-за дифракции света на растяжках, несущих вторичное зеркало, вокруг изображений ярких звезд появляются лучи. Избавиться от них можно по-разному, например, искривляя растяжки.

При условии одинаковой жесткости различных типов изогнутых опор, кольцевая опора обладает некоторыми преимуществами: кольцо, например, экранирует меньшую часть осевого пучка, совсем немногим уступая в этом лишь однолепестковой (полукольцевой) опоре. Учитывая, что каждый из двух ее лепестков при этом будет значительно тоньше, чем в полукольцевой опоре, можно предположить, что энергия от дифракции на лепестках будет равномернее распределена вокруг изображения звезды. Таким образом, кольцевая опора лучше справляется с поставленной задачей.

Выбирая параметры кольца, нужно добиться, чтобы оно обеспечивало требуемую стабильность положения вторичного зеркала. Деформация кольцевой опоры в большой степени зависит от ориентации телескопа. Наибольшее смещение вторичного зеркала от его исходного положения наблюдается, когда телескоп направлен в «горизонт», а место крепления кольца расположено сбоку.

В телескопе системы Кассегрена (Ричи — Кретьена) смещение вторичного зеркала с оптической оси главного приводит к появлению нецентрированной комы, по-

этому допуск на смещение весьма жесткий. Для кассегреновского телескопа его можно вычислить по формуле для полного пятна комы, которая вызывается этим смещением:

$$3\varrho_{\Delta y} = \frac{3}{16} m(m^2 - 1) \left(\frac{1}{V_{\text{экв}}} \right)^2 \Delta y,$$

где $3\varrho_{\Delta y}$ — размер пятна комы
 m — увеличение на вторичном зеркале

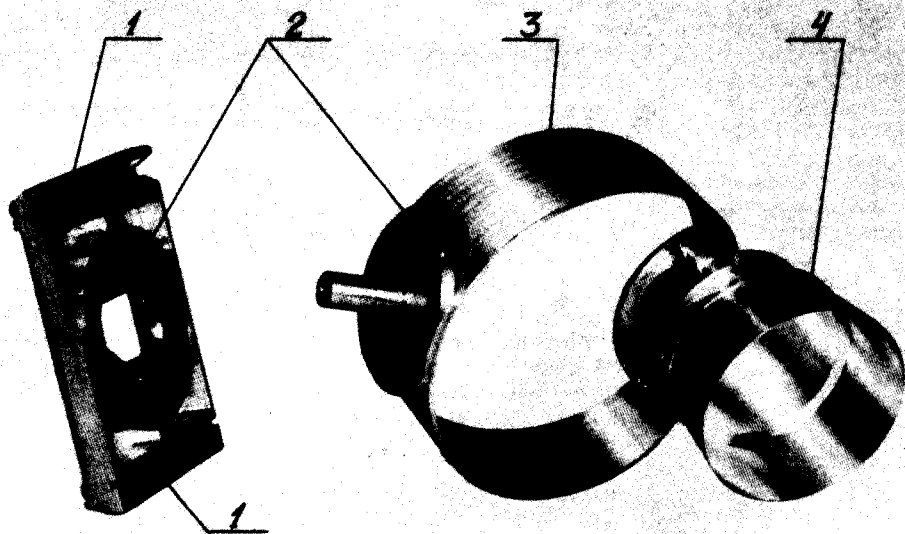
$V_{\text{экв}}$ — относительный фокус двухзеркальной системы

Δy — допуск на смещение вторичного зеркала.

Подставив в формулу предварительно вычисленное допустимое значение размера пятна комы $3\varrho_{\Delta y}$, равное радиусу кружка Эри в эквивалентном фокусе ($r = 1,22 \lambda V_{\text{экв}}$, где $\lambda = 0,555$ мкм), подсчитывается максимально допустимое смещение Δy .

Для моего 200-миллиметрового телескопа системы Кассегрена со светосильным главным зеркалом (1:2,3) и $V_{\text{экв}} = 12,25$ допуск на взаимное поперечное смещение зеркал — 0,045 мм.

Учитывая массу узла вторичного зеркала (0,065 кг) и внутренний диаметр трубы телескопа (220 мм) я выбрал следующие

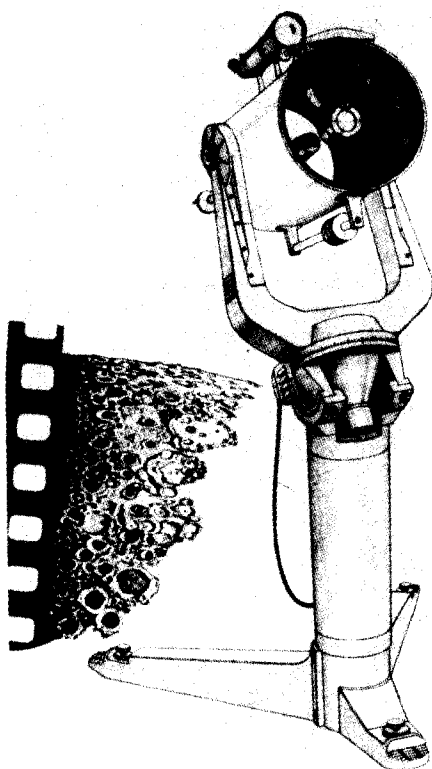


Узел крепления и юстировки вторичного зеркала.
1 — Направляющие для продольного перемещения узла, 2 — Рабочие поверхности шарнира, 3 — Кольцевая опора, 4 — Сменный блок (вторичное зеркало с отсекателем)

параметры кольца: диаметр — 100 мм, толщина — 2 мм, ширина — 40 мм. Для дюралюминиевого кольца максимальный поперечный сдвиг вторичного зеркала с оптической оси составил 0,06 мм, из них 0,02 мм — от собственного веса кольца. Данная опора экранирует 1,2 % площади апертуры, достигая 1,5 % при максимальном юстировочном повороте, что отвечает требованиям, предъявляемым к обычным прямым растяжкам.

При конструировании телескопа пришлось особое внимание уделить максимальному облегчению узла вторичного зеркала. При этом надо было исключить деформацию самой трубы в месте крепления к ней кольцевой опоры и добиться стабильности положения главного зеркала на радиальных упорах. Чтобы удовлетворить всем этим требованиям, пришлось ситалловое зеркало устанавливать в приспособлении, сделанном из инвара. В этом случае исключается возможность температурного зажима зеркала.

Как известно, при увеличении размеров инструмента, допуски на взаимные смещения зеркал остаются прежними, а сами смещения растут пропорционально



Общий вид 200-миллиметрового телескопа системы Кассегрена с кольцевой опорой

квадрату увеличения этих размеров. Именно по этой причине, в крупных профессиональных инструментах изогнутые опоры не применяются.

В заключение — кратко о механизме юстировки вторичного зеркала. Основное его достоинство состоит в том, что повороты вторичного зеркала в двух взаимно перпендикулярных направлениях осуществляются строго вокруг вершины самого зеркала. Достигается это с помощью соединения кольца, несущего вторичное зеркало, с трубой телескопа через сфери-

ческий шарнир. Центр кривизны шарнира совпадает с вершиной вторичного зеркала. Юстировку можно производить, не отрывая глаз от окуляра и непосредственно контролируя свои действия.

Для фокусировки весь узел может перемещаться вдоль оптической оси по параллельным направляющим.

А. В. ЛЕВИН
(169933, Коми АССР, г. Воркута, пос. Воргашер,
пер. Юбилейный, дом 4-а, кв. 7)

Переносной телескоп

Создание компактного, легкого и в то же время достаточно мощного инструмента остается одной из острых проблем любительского телескопостроения. Ведь многие любители астрономии живут в крупных городах и из-за сильной засветки неба лишены возможности наблюдать массу интересных небесных объектов. В такой ситуации становится понятным их желание, взяв

с собой небольшой телескоп, выехать в выходные дни за город, подальше от уличных фонарей (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 71; 1991, № 1, с. 82. — Ред.). К сожалению, в ближайшей перспективе в нашей стране вряд ли будет налажен промышленный выпуск аналогов популярных за рубежом портативных 200-миллиметровых катадиоптрических телескопов. Предлагаемые же

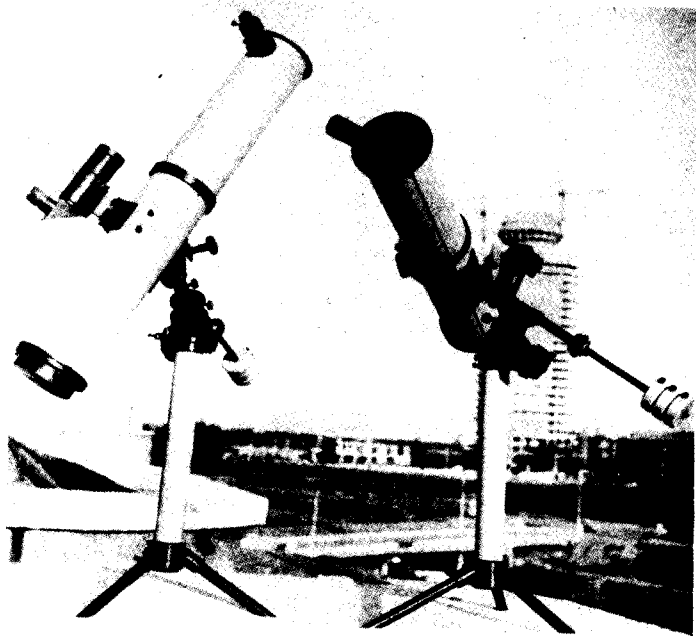
Чаще всего при изготовлении самодельного инструмента телескопостроители выбирают систему Ньютона. Однако здесь они сталкиваются с основным недостатком такой системы — громоздкостью трубы, которая влечет за собой увеличение и габаритов монтировки, и ее массы.

В этой статье предлагается один из возможных вариантов, позволяющих придать телескопу системы Ньютона качества переносного.

Первая особенность нашего инструмента — разборная труба, две части которой соединяются с помощью резьбы. Все детали трубы изготовлены из алюминиевых сплавов, что делает ее достаточно легкой (около 4 кг). Главное зеркало телескопа — ситалловое, а вместо вторичного используется кварцевая призма. Это дает немалые преимущества при оперативной подготовке к наблюдениям в зимнее время.

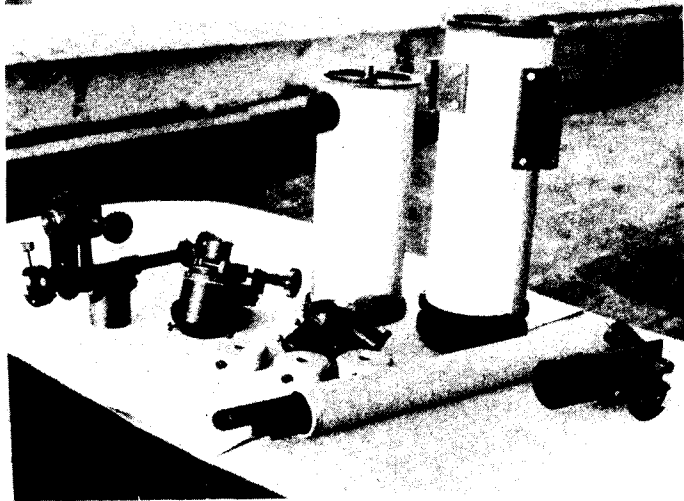
Вторая особенность телескопа — небольшая высота монтировки (750 мм), которая помимо компактности обеспечивает и значительную жесткость, достаточную для установки трубы даже со 150—160-миллиметровым зеркалом. Условия жесткости диктовали и выбор диаметров осей — 50 мм для полярной и 20 мм для оси склонений. Устройство полярной оси близко к описанному в статье Л. Л. Сикорука (Земля и Вселенная, 1986, № 5).

В телескопе применены довольно простые, но очень надежные механизмы тонких

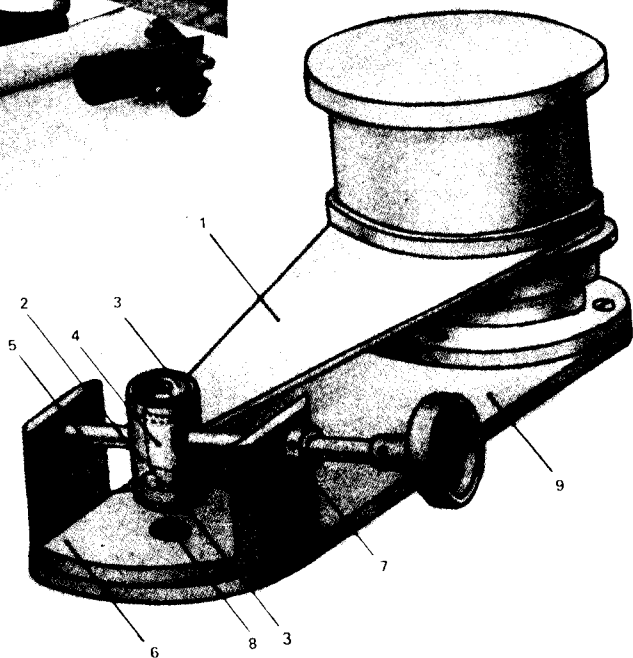


Переносные 120- и 125-миллиметровые телескопы системы Ньютона, изготовленные М. Морозовым, Д. Тепловым и К. Шайхатдиновым (Красноярский краевой Дворец пионеров и школьников)

кооперативами — чрезвычайно дороги, а потому совершенно недоступны рядовым любителям, которым опять же приходится рассчитывать лишь на собственные силы.



Механизм тонких движений. Конец поводка (1) соединен с цилиндрическим корпусом (2), в верхний и нижний торцы которого на резьбе ввинчиваются упоры (3). Последние удерживают деталь (4), прижимаясь к ее коническим концам. В поперечное по отношению к оси отверстие этой детали с резьбой М8 входит винт (5), который с обоих концов фиксируется относительно швеллера (6) гайками (7). Швеллер прижат винтом (8) к пластине (9) через тефлоновый подшипник. Перемещение корпуса (2) в пределах внутреннего размера швеллера для изготовленной конструкции соответствует повороту полярной оси на угол $\sim 30^\circ$. При этом компенсация в узлах механических напряжений, связанных с криволинейным характером движения конца поводка, происходит благодаря осевой саморегуляции положения детали (4) и швеллера (5). В простейшем случае вместо деталей (2, 3, 4) к поводку может быть прикреплен угольник с резьбовым отверстием, соответствующим винту (5)



движений, не требующие точной балансировки трубы. Диаметр колонны 60 мм (при высоте 500 мм и толщине

стенки 3 мм). Во время транспортировки колонна может служить футляром для ножек и других мелких деталей. Для уменьшения массы монтировки из стали изготовлены лишь оси, поводки, резьбовые пары, а также основание колонны. Остальные детали выполнены из дюралюминия. Полная масса монтировки составляет около 10 кг. И это не предел: при дальнейшей оптимизации такой конструкции можно существенно снизить ее

массу. Благодаря применению резьбовых соединений, винтовых зажимов, захватов типа «ласточкин хвост» сборка телескопа в полевых условиях производится всего за несколько минут и не требует никаких инструментов.

С. В. КАРПОВ,
руководитель
астрономического кружка
краевого дворца пионеров
и школьников
660049, г. Красноярск,
ул. Конституции, 1

Менисковый астрограф

Менисковая оптическая система, предложенная в 1941 г. Д. Д. Максutowым, — одна из лучших систем, позволяющих создавать достаточно широкоугольные и светосильные астрофотокамеры (Земля и Вселенная, 1992, № 1, с. 49. — Ред.). Отрицательная сферическая aberrация зеркала в такой системе устраняется положительной aberrацией специально рассчитанного мениска. Причем большая светосила менисковых камер сочетается с отличным изображением звезд по всему полю.

Технология изготовления оптики менисковых систем достаточно полно описана в литературе. Но, несмотря на это, самодельные любительские менисковые системы встречаются весьма редко, что, в основном, обусловлено сложностью изготовления мениска. В этом отношении камера, которую я построил

по схеме «мениск — зеркало», думаю, представляет некоторый интерес для читателей. К сожалению, описать весь процесс создания этого инструмента в рамках одной статьи практически невозможно, поэтому отмечу только основные этапы работ и технические характеристики астрографа.

Предварительный расчет элементов оптической системы был выполнен по книге Д. Д. Максutowа «Астрономическая оптика». Уточнить

параметры на ПЭВМ мне помог Э. А. Тригубов.

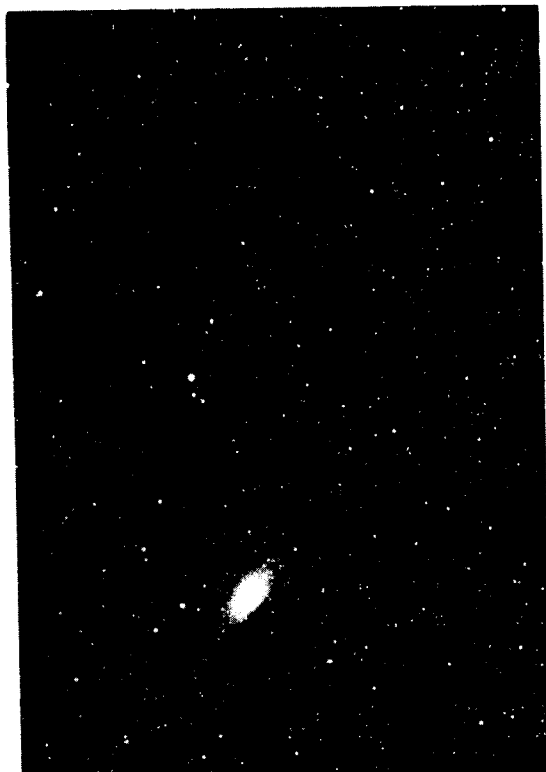
Заготовкой мениска послужил плоский диск из стекла К8, молированного в электрической печи. После грубой обдирки по шаблонам, мениск обрабатывался тщательно изготовленными ступенчатыми стальными шлифовальниками. При этом особенно тщательно контролировались форма и толщина мениска. Основные технические характеристики камеры:

Световой диаметр мениска
Диаметр сферического зеркала
Фокусное расстояние системы
Относительный фокус
Фотографическое разрешение
Диаметр рабочего поля

$D_1 = 150 \text{ мм}$
 $D_2 = 204 \text{ мм}$
 $f = 300 \text{ мм}$
 $A = 1:2$
 $11'$
 $2\omega = 8,3$



150-миллиметровая менисковая камера



Туманность Андромеды. Выдержка 10 мин



Туманность Северная Америка.
Выдержка 15 мин



Звездное скопление h и χ Персея. Выдержка 10 мин (все снимки сделаны на пленке А-700 Н)

По всему полю камера дает качественные изображения звезд. Диаметр слабых звезд на негативе 0,03 мм. Фокусировка системы осуществляется по температурной шкале, учитывающей линейное расширение дюралевого патрубка при изменении температуры окружающего воздуха.

Монтировка камеры (типа полувилки) снабжена электрическими приводами по обоим осям. По прямому восхождению камера ведется синхронным электродвигателем (типа ДСМ), работающим от регулируемого ЛС — генератора с усилителем мощности. Основным

элементом привода — червячная пара. По оси склонений коррекция камеры проводится двигателем постоянного тока с встроенным редуктором. Тонкая коррекция по обоим осям выполняется с переносного пульта. Возможна и ручная механическая коррекция с работающим приводом. Быстрая и точная установка оси на полюс мира производится с помощью искателя полюса.

Гид камеры — рефлектор системы Ньютона. Диаметр параболического зеркала гида 95 мм, фокусное расстояние 379 мм, А — 1:4. Увеличение гида с окулярным микроскопом 136^x.

Транспортировка астрографа осуществляется в специальном фанерном ящике, в котором помещаются и аккумуляторные батареи, обеспе-

чивающие автономность работы в течение двух ночей. Вес укомплектованного ящика около 30 кг.

При достаточно прозрачном небе на пленке типа А-700 Н с 10-минутной выдержкой регистрируются звезды до 14,5^m.

В заключение хочу выразить глубокую благодарность токарю Николаю Филимоновичу Деменчуку и всем, кто оказал помощь в создании этого инструмента.

И. П. НАБОКА
(255020, Киевская обл.
г. Бровары, ул. 50-летия
ВЛКСМ, дом 11-а, кв. 15)

Астрограф с ручным приводом

Этот астрограф был задуман как легкий и компактный инструмент, который можно было бы без труда вывозить за город для мелкомасштабной съемки звездных полей при составлении атласа. За основу астрографа взят старый геодезический прибор для измерения вертикальных углов (кипрегель). Он имеет длинный полый корпус, в основании которого укреплен шарикоподшипник, а вверху подшипник скольжения. Вся эта конструкция насаживается на полярную ось. В свободном конце есть шарнирное крепление, предназначенное для установки широты места наблюдения. Таким образом, в

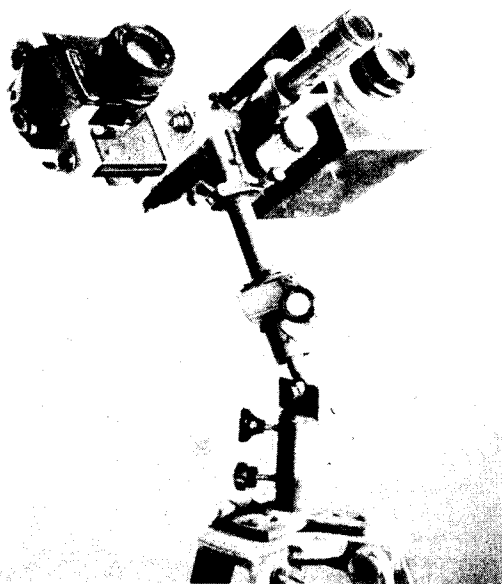
данной конструкции неподвижным элементом служит полярная ось, вокруг которой вращается полый корпус с трубой. Горизонтальная ось кипрегеля становится осью наклона, и на свободном конце у нее укреплен кронштейн из алюминиевого сплава, предназначенный для размещения фотоаппарата «Зенит». На полярной оси свободно вращается мелко-модульное червячное колесо, надетое на ступицу, имеющую стопорный винт. Весь астрограф укреплен на легкой деревянной треноге, в качестве гида используется труба кипрегеля с диаметром объектива $D=35$ мм, фокусным расстоянием

380 мм и увеличением $25\times$. Гидирующими могут быть звезды до $4,5^m$. Нити окуляра подсвечиваются красным светодиодом, яркость которого можно регулировать потенциометром. Питание осуществляется от двух круглых батареек.

Первоначально для съемок использовался объектив «Юпитер-9» с относительным отверстием 1:2 и фокусным расстоянием 85 мм. Оказалось, что для получения на пленке «Фото-125» изображений звезд до $9-9,5^m$ (эта величина вполне пригодна для составления звездного атласа) достаточно выдержка в 7—8 мин. Такая небольшая выдержка не утомляет наблюдателя при гидировании.

Обычно в руководствах по астрофотографии рекомендуется все время удерживать звезду неподвижно на перекрестии нитей окуляра, что в общем-то при ручном способе гидирования довольно утомительно. Я в своей практике применяю способ гидирования, суть которого заключается в следующем. Гидирующая звезда устанавливается на перекрестии окуляра, и в течение 2—3 с я позволяю ей сместиться в сторону, затем, вращая маховичок червяка, снова возвращаю ее на перекрестие. За время экспозиции цикл повторяется несколько раз.

Сделаем простой расчет. За 2 с звезда успеет переместиться на $30''$. При этом ее смещение на негативе составит 0,013 мм, что гораздо меньше разрешающей способности объектива, поэтому звезды на негативе не смазываются. Эта методи-



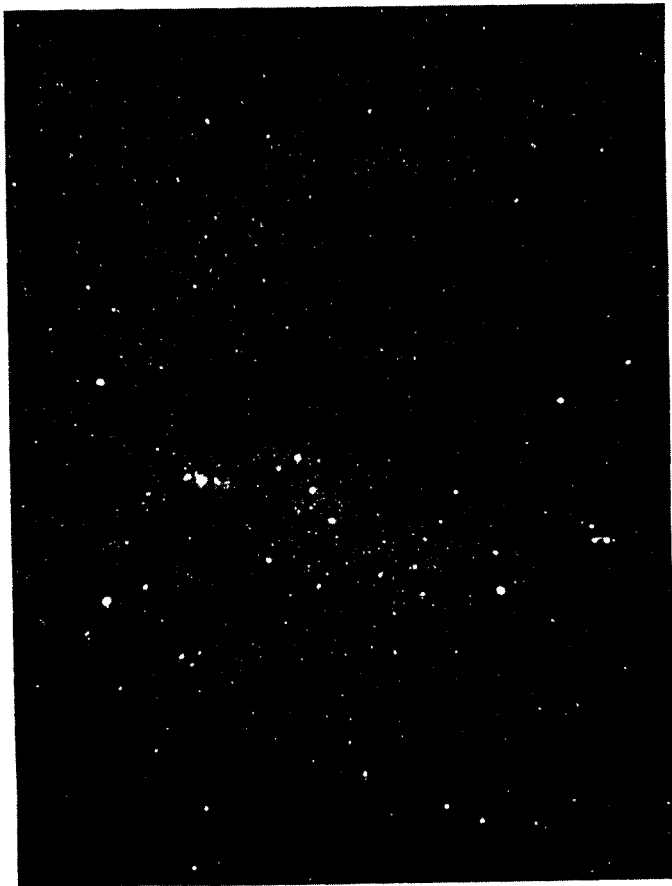
Самодельный астрограф с двумя камерами

Созвездие Ориона. Слева хорошо видно рассеянное скопление NGC 2244. Снимок получен на самодельном астрографе (пленка 250 ед. ГОСТа, выдержка 10 мин)

ка не является оригинальной и в свое время в несколько ином виде была предложена Б. А. Воронцовым-Вельяминовым.

Первые же полученные снимки выявили неприятную особенность объектива «Юпитер-9». Дело в том, что при полностью открытой диафрагме объектив дает хорошие изображения только в центре поля зрения, а с приближением к краю изображения искажаются аберрациями, в основном комой и астигматизмом. Поэтому от объектива «Юпитер-9» пришлось отказаться. В настоящее время астрограф снабжен двумя камерами: «Киев-60» (формат кадра 6×6 см) и самодельной камерой с объективом «Индустар-51» (формат 9×12 см). При этом увеличение гйда пришлось «поднять» до $38\times$. Фотографировать можно как двумя камерами сразу, так и каждой из них по отдельности. В этом случае на место убираемой камеры крепится противовес. Чтобы получить изобра-

жения звезд 9^m , на камере «Индустар-51» с пленкой 64 ед. ГОСТа потребовалось увеличить выдержку до 15—20 мин. Фотоаппарат «Киев-60» укомплектован штатным объективом «Волна-3», имеющим широкое поле зрения (около 55°) и дающим вполне сносные изображения по краям. Такие снимки охватывают большие



В. Н. ТУМАНОВ

(403760, Волгоградская обл., г. Жирновск, ул. Ленина, дом 7, кв. 2)

Портативный менисковый телескоп

Как известно, отечественная промышленность выпускает телескопы «Алькор» и «Мицар», которые хорошо зарекомендовали себя у любителей астрономии (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 73; 1984, № 3, с. 109.— Ред.). Но, к сожалению, и «Алькор» и особенно «Мицар» достаточно тяжелые, а их укладочные ящики громоздкие, поэтому использовать их как экспедиционные инструменты крайне затруднительно.

Вот уже несколько лет для своих загородных наблюдений я пользуюсь менисковым телескопом, собранным из стандартных узлов и деталей (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 71; 1988, № 5, с. 92.— Ред.). Менисковый телеобъектив 3М-5А-МС с фокусным расстоянием 500 мм и относительным отверстием 1:8 укреплен на фотоштативе ФШУ-5 с подвижной платформой, на паводок которой для уравнивания объектива надеваются грузы от разборных гимнастических гантелей. Окулярom служит окуляр Кельнера с фокусным расстоянием

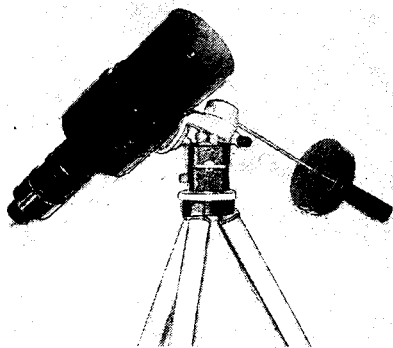
20 мм. Вместо линзы Барлоу я использую телеконвертор ТК2М. Удлинительные кольца позволяют менять расстояние между окуляром и телеконвертером и получать различные увеличения. Единственная деталь, которую пришлось изготовить специально,— металлический переходник (с резьбой М42×1) для крепления окуляра к телеобъективу. Окуляр и телеконвертор обеспечивают девять различных увеличений от 25^х до 92^х.

В зависимости от угла наклона шарнира штатива монтаж может работать как азимутальная и экваториальная.

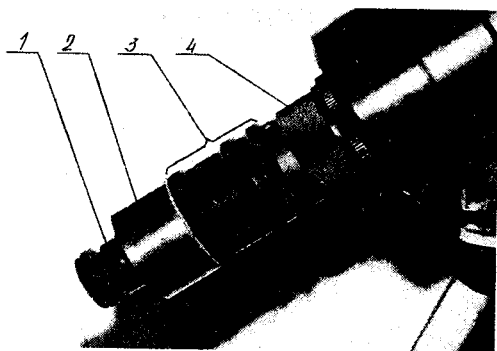
Вес телескопа в собранном виде не превышает 5 кг. Все детали легко уместятся в футлярах. Построить такой телескоп по силам любому любителю астрономии.

В. В. ШВЫРКУНОВ
(454080, Челябинск, пр. Ленина, д. 74, кв. 62)

Портативный менисковый телескоп из стандартных деталей



Окулярная часть телескопа. 1 — окуляр Кельнера, 2 — металлический переходник, 3 — удлинительные кольца, 4 — двухкратный телеконвертор



Самодельный звездный фотометр

Существует несколько методов визуальных наблюдений переменных звезд. Все они в большинстве случаев сводятся к сравнительной оценке блеска исследуемой звезды и звезды сравнения. Но иногда оказывается, что вблизи переменной нет подходящей звезды сравнения, а если выбрать эти звезды вдалеке, то точность оценки резко снижается.

Сконструированный и изготовленный мною несложный фотометр позволяет в поле зрения окуляра увидеть в непосредственной близости две сравниваемые звезды, которые на небосводе могут находиться

на любом угловом расстоянии, что значительно повышает точность сравнения.

Фотометр представляет собой две зрительные трубы с одним общим окуляром. Одна из труб имеет возможность вращаться вокруг оси Y , перпендикулярной продольной оси X другой трубы. Две призмы переносят изображение первой трубы в окуляр, поле зрения которого по диаметру разделено на две равные части так, что видны два самостоятельных изображения от каждого из объективов. Поворачивая первую трубу вокруг оси Y и весь прибор вокруг оси X , можно соединить изображения далеких друг от друга звезд.

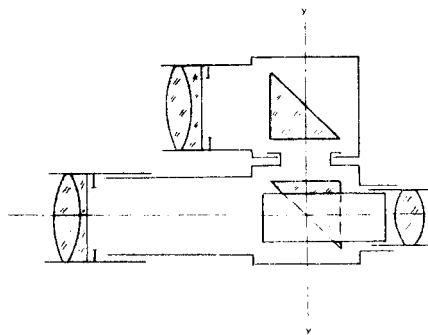
Оба объектива имеют диафрагмы, которыми можно регулировать видимую яркость блеска звезды. При наблюдениях я (уменьшая или увеличивая диафрагмы) добиваюсь одинаковой яркости обеих звезд. Разность в показаниях по шкалам диафрагм и определяет разность в блеске сравниваемых звезд.

Объективами моего фотометра служат два объектива от фотоувеличителя типа «ИЗУ», у которых достаточно большое фо-



Самодельный звездный фотометр

Схема фотометра



кусное расстояние (110 мм). Благодаря этому между объективом и окуляром оказалось возможным поместить две призмы. Фокусировка каждого изображения проводится отдельно: сначала окуляром фокусируется изображение, полученное первой трубой, затем, перемещая объектив второй трубы, я добиваюсь второго резкого изображения.

До начала работы с фотометром я проверяю идентичность обеих труб. Для этого направляю их на одну и ту же звезду (или любую светящуюся точку) и, устанавливая различные значения одной из диафрагм, добиваюсь вращением другой диафрагмы одинаковой яркости обоих наблюдаемых в окуляр изображений и срав-

ниваю показания диафрагм. Они в идеале должны быть равны. В противном случае составляется таблица погрешностей.

Два прямоугольных корпуса фотометра, выполненных из листового алюминия, с трением вращаются относительно друг друга. Внутри них находятся призмы. К стенкам корпусов крепятся трубы с объективами и окуляром.

Установлен фотометр на экваториальной монтировке, в которой предусмотрена возможность вращения прибора вдоль оси X, перпендикулярной оси склонений.

Б. И. ПАНФИЛОВ
(428003, г. Чебоксары-3, пр. Ленина,
дом 21, кв. 23)

Самодельный менисковый телескоп

Как известно, менисковые телескопы обладают некоторыми преимуществами перед обычными системами рефлекторов и рефракторов. Действительно, при относительно небольшой длине трубы эти инструменты практически свободны от сферической, хроматической аберраций, а также не имеют заметной комы и астигматизма. Единственная неустранимая аберрация в системе «мениск — вогнутое зеркало» — это кривизна поля. Ее можно устранить, установив дополнительную деталь — линзу Пиацци-Смита.

В технологическом отношении преимущество менисковых систем — отсутствие оптических поверхностей второго порядка. Все поверхности сферические, что существенно облегчает их изготовление и контроль качества при серийном производстве на оптико-механических заводах.

При изготовлении оптических деталей менискового телескопа основные трудности связаны с изготовлением именно мениска, а не главного зеркала. Действительно, для того чтобы изготовить мениск, необходимо с высокой точностью отшлифовать две поверхности заданных радиусов, обеспечить их соосность и точное расстояние между ними (толщину). Для главного зеркала нужно отшлифовать только одну сферическую поверхность определенного радиуса.

Поскольку поверхности мениска имеют значительную кривизну, в процессе его изготовления требуется провести моллирова-

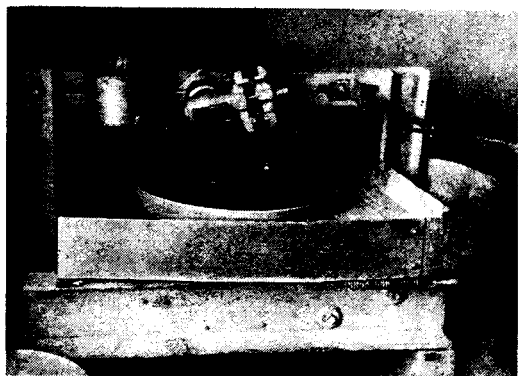
ние заготовки¹ или сошлифовать значительное количество стекла. Немалая трудность для любителя — приобретение заготовки оптически однородного стекла требуемой марки и размеров.

Но все усилия любителей оправдываются, когда необходим телескоп большой светосилы 1:2,8—1:4. Светосильные инструменты незаменимы при наблюдениях протяженных объектов — комет, туманностей и т. д. Таким инструментом может быть менисковый «Ньютон».

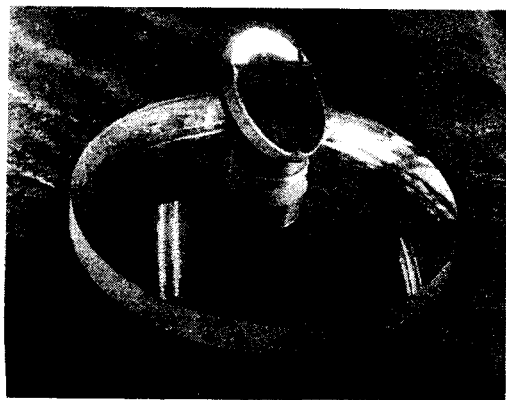
В клубе телескопостроителей «Сириус» г. Невинномыска изготовлен менисковый телескоп с диаметром 260 мм ($V=2,83$). Предварительно оптику рассчитали по эмпирическим формулам Д. Д. Максудова, а затем уточнили на программируемом микрокалькуляторе МК-52, введя в расчеты тригонометрические вычисления.

Для изготовления мениска мы пользовались специальным шлифовальным станком. Контроль кривизны на этапе грубой шлифовки производился шаблонами. Тонкая шлифовка выполнялась цементно-бетонными шлифовальниками с покрытием из

¹ Для этого заготовка разогревается до пластичного состояния (660—700 °С) и под действием собственного веса принимает конфигурацию опорной формы.



Шлифовальный станок для предварительной обработки заготовки мениска и другой оптики



Мениск и вспомогательное зеркало с опра-
вой и юстировочным устройством

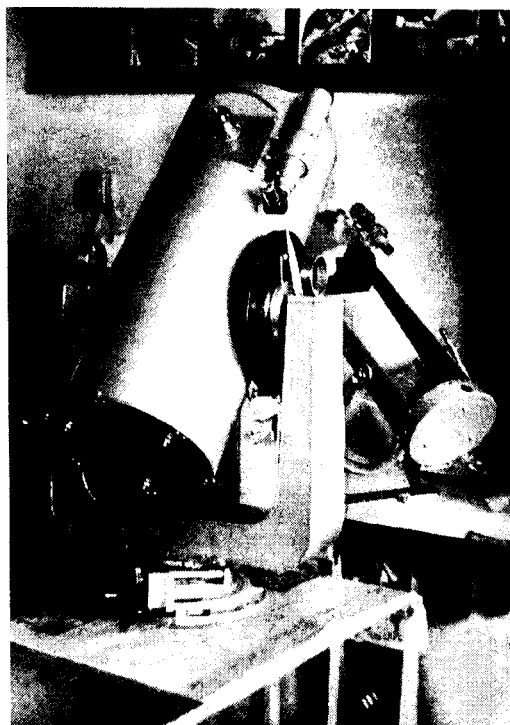
эпоксидной смолы. Радиусы кривизны на этой стадии контролировали самодельными сферометрами, имеющими цену деления 0,01 мм и ход измерительного штока — 10 мм. При известном навыке, точность измерения радиусов мениска составляет около $\pm 0,002$ мм.

Чтобы измерить толщину мениска, использовали отверстие, предназначенное для крепления вспомогательного зеркала. Необходимо было добиться определенного соотношения разности величин радиусов и толщины мениска при вершине, обеспечив при этом соосность с высокой точностью. Измерения толщины и проверка соосности проводились многократно обычным микрометром.

Полировку поверхностей мениска производили на полировальниках, изготовленных «холодным» способом (Земля и Вселенная, 1988, № 4, с. 77).

Смоляное покрытие толщиной около 0,5 мм наносилось кисточкой. Состав покрытия (битум БН-IV — 50 %, канифоль — 50 %, растворитель) оказался оптимальным для получения точной сферической поверхности.

Качество полировки контролировали с помощью микроскопа (80 $\times$). При этом применялся черный фон, позволяющий различать мельчайшие дефекты поверхности. Контроль вогнутой поверхности проводился на теновом приборе. Правда, такие ис-



Общий вид самодельного менискового теле-
скопа

(Фото автора)

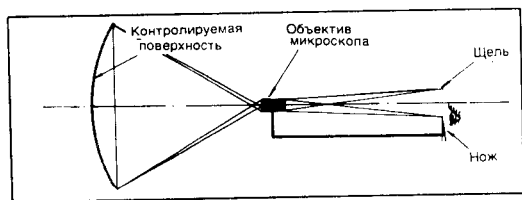


Схема контроля светосильных зеркал

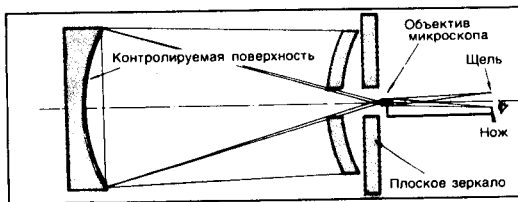


Схема контроля выпуклой поверхности мениска и системы «мениск — главное зеркало»

следования вогнутых поверхностей большой кривизны недостаточно эффективны, так как с ростом светосилы чувствительность метода быстро снижается и оказывается сравнимой с чувствительностью механического сферометра. Иначе говоря, с обычным теневым прибором можно наблюдать плоский рельеф, характерный для сферического зеркала, но при этом можно не обнаружить недопустимых зональных ошибок. Для повышения чувствительности теневых исследований светосильных сферических поверхностей главного зеркала и вогнутой поверхности мениска применялась особая схема исследования. Теневой прибор снабжен дополнительной приставкой — объективом микроскопа с крепежной деталью, обеспечивающей его неизменное положение на нужном расстоянии от щели и ножа теневого прибора. Это расстояние, а также кратность (увеличение) объектива подбираются в зависимости от светосилы исследуемой поверхности.

Работая по этой схеме, удалось выявить и устранить ошибки поверхностей, которые не обнаруживались при обычном контроле. Одновременно с контролем выпуклой поверхности мениска провели и исследование всей оптической системы «мениск — главное зеркало» по автоколлимационной схеме.

Готовая поверхность во избежание повреждений была окрашена нитролаком, который легко снимается ацетоном. Оправа мениска — точеная из алюминиевого сплава. Чтобы избежать излишнего экранирования главного зеркала, нам потребовалось тщательно просчитать размер и положение диагонального зеркала. Поэтому в телеско-

пе предусмотрены фактически две оптические системы. Первая — классическая система Ньютона, позволяющая при светосиле 1:2,83 использовать инструмент как мощный кометоискатель (высококачественный широкоугольный окуляр обеспечивает равнозрочковое увеличение — $40\times$).

Во второй схеме применяется ахроматическая линза Барлоу, «вытягивающая» положение главного фокуса до плоскости фотопленки малоформатной фотокамеры. Светосила инструмента при этом снижается до 1:3,5. Потери света на экранирование оказываются оптимальными и составляют приблизительно 10 % (для углового поля $2\omega = 3^\circ$).

Инструмент снабжен искателем ($D = 50$ мм, $15\times$), координатными кругами, ручными и электромеханическими приводами.

При фотографических работах телескоп устанавливается на специальный модуль, превращающий азимутальную монтировку в экваториальную.

Испытания телескопа по звездам подтвердили высокое качество оптики. Активное участие в изготовлении деталей телескопа приняли члены клуба В. Исанко и Д. Джафарханов.

Н. П. ВАСИЛЕНКО,
руководитель клуба «Сириус»

357030, Ставропольский край, г. Невинномысск,
ул. Павлова д. 16, кв. 20